

أساسيات الهندسة الكهربائية

الجزء الثاني



الأساس
التكنولوجية



أساسيات الهندسة الكهربائية

مؤسسة الأهرام بالقاهرة
المؤسسة الشعبية للتأليف بديرزج

Edition Leipzig and Al-Ahram Cairo

الأسس التكنولوجية

الترجمة العربية بإشراف

دكتور مهندس أنور محمود عبد الواحد

أساسيات الهندسة الكهربائية

الجزء الثاني

تأليف : هاسينز جرافت

ترجمة : المهندس أحمد مختار شافعي

المهندس إبراهيم يعقوب مطر

c) Edition Leipzig, German Democratic Republic
Arabian Edition by Al-Ahram Cairo

Printed by AL-AHRAM, CAIRO

تصويرا ونظرا الى
الكتاب
من سلسلة

هذا الكتاب هو الترجمة الكاملة لكتاب

ELECTRICAL ENGINEERING FUNDAMENTALS II

TECHNICAL FUNDAMENTALS من سلسلة :

تصدير

هذه السلسلة - الأسس التكنولوجية - ثمرة تعاون وثيق هادف بين دارين من أكبر دور النشر العالمية ، إحداهما دار النشر في لايبزج Edition Leipzig ، والثانية مؤسسة الأهرام ،

وقد تضافرت جهود الدارين على تحقيق النشر العربى لهذه السلسلة الرفيعة التى لقيت كتبها المنشورة بالإنجليزية والفرنسية والأسبانية إقبالا منقطع النظير . ولا عجب أن تنتق مؤسسة الأهرام هذه السلسلة بالذات لتكون طليعة نشاطها فى مجال النشر العلمى والتكنولوجى .

فالمستلصح لأى كتاب من كتب السلسلة ، أو المستعرض لعناوين الكتب التى صدرت منها حتى الآن ، يجد أن التخطيط لهذه السلسلة يقوم على تبصر عميق باحتياجات الطبقة العريضة من الملاحظين والفنيين الذين يمثلون عصب الإنتاج الصناعى ونوته الكامنة الحقيقية ، لذلك فإن دار النشر فى لايبزج قد عهدت إلى أعلام التأليف التكنولوجى فى جمهورية ألمانيا الديمقراطية بتصنيف كتب هذه السلسلة ، كما عهدت مؤسسة الأهرام إلى خيرة المهندسين ورجال العلم عن طم نشاط واسع فى مجال الترجمة الفنية للقيام بهذه المهمة .

وواقع الأمر أن فائدة هذه السلسلة غير مقصورة على الملاحظين والفنيين فحسب ، بل هى بالغة الأهمية أيضاً للمهندسين الذين يبتغون توسيع آفاق خبراتهم بالاطلاع على التخصصات الأخرى ، ولغير الفنيين الذين يريدون أن تتكامل معلوماتهم فى مختلف المجالات التكنولوجية .

أنور محمود عبد الواحد

المحتويات

صفحة

— مقدمة —

هندسة القوى الكهربائية نظرة عامة على هندسة القوى الكهربائية

الباب الأول : آلات توليد الطاقة الكهربائية

١ - عام ٢٠

٢ - تصنيف المولدات تبعاً لكيفية إثارتها ٢٠

أولاً : مولدات التيار المستمر :

٣ - الغرض من المبدل وكيفية أدائه ٢٣

٤ - التصميم الميكانيكي لمولد تيار مستمر ٢٥

٥ - التيار المستمر المتولد من عضو إنتاج بأربعة ملفات ٢٦

٦ - تصنيف المولدات تبعاً لكيفية توصيل ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج ... ٢٧

ثانياً : مولدات التيار المتردد :

٧ - المولدات وحيدة الطور والمولدات ثلاثية الأطوار ٢٨

٨ - توصيل مولدات التيار المتردد على التوازي ٣١

٩ - كيفية القيام بعملية التزامن ٣٢

١٠ - محطات توليد القدرة الكهربائية ٣٤

الباب الثاني : توليد الطاقة الكهربائية بالطرق الكيميائية (البطاريات)

١١ - الخلايا الجلفانية ٣٦

١٢ - المتواليات الكهربائية كيميائية ٣٦

أولاً : الخلايا الابتدائية

١٣ - تكون الخلايا الابتدائية ٣٨

١٤ - الاستقطاب ٣٨

١٥ - ظاهرة التأين وظاهرة التحليل الكهربائي ٣٩

١٦ - الخلايا الابتدائية الشائعة الاستعمال ٤٢

١٧ - تصنيف البطاريات الابتدائية التجارية ٤٤

١٨ - طرق توصيل البطاريات ٤٦

ثانيها : الخلايا الثانوية (المراكم) :

١٩ - بطاريات الرصاص الحمضية ٤٩

٢٠ - حالة الشحن وحالة التفريغ لبطاريات الرصاص ٥٠

٢١ - تصنيف بطاريات الرصاص التجارية ٥١

٢٢ - بطاريات التخزين القلوية ٥٢

٢٣ - حالة الشحن وحالة التفريغ للبطاريات القلوية ٥٣

٢٤ - تصنيف بطاريات التخزين القلوية التجارية ٥٥

٢٥ - مقارنة بين مراكم الرصاص والمراكم القلوية ٥٨

٢٦ - طرق شحن مراكم ٥٨

٢٧ - معدات شحن المراكم ٦١

الباب الثالث : نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

٢٨ - نظم النقل والتوزيع بجهد عال أو بجهد منخفض ٦٥

٢٩ - الكيلات الأرضية ٦٧

٣٠ - الخطوط الهوائية ٦٩

٣١ - نظم التوزيع بتيار متردد أو بتيار مستمر ٧٢

٣٢ - شبكات توزيع الطاقة الكهربائية ٧٤

الباب الرابع : وسائل التحكم في الطاقة الكهربائية

أولا : وسائل التحكم في الجهد العالي

٣٣ - وسائل القطع والوصل في الجهد العالي ٧٩

٣٤ - القضبان المجهزة ٨٢

٣٥ - مفاتيح الجهد العالي ٨٣

٣٦ - مصاهر الجهد العالي ٨٨

٣٧ - الإشراف والتحكم في الطاقة الكهربائية بجهد عال ٩٢

ثانيا : وسائل التحكم في الجهد المنخفض

٣٨ - عام ٩٧

٣٩ - وسائل القطع والوصل في الجهد المنخفض ٩٧

٤٠ - مصادر الجهد المنخفض والقواطع الأتوماتيكية ١٠٦

٤١ - طرق توصيل الطاقة الكهربائية إلى المباني ١٠٩

الباب الخامس : أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة الكهربائية :

أولا : المحولات

٤٢ - التعريف بأساسيات المحول ١١٤

٤٣ - أنواع المحولات وطرق تصميمها ١١٧

٤٤ - تبريد المحولات ووسائل الوقاية المستخدمة فيها ١٢٢

ثانيا : مجموعة المحرك - مولد

٤٥ - كيفية عمل مجموعة المحرك - مولد ١٢٤

ثالثا : المغيرات الدوارة (المحولات الدوارة)

٤٦ - كيفية عمل المغيرات الدوارة ١٢٤

رابعا : مغيرات التردد :

٤٧ - كيفية عمل مغيرات التردد ١٢٥

خامسا : المقومات (الموحدات)

٤٨ - أنواع المقومات وطريقة عملها ١٢٦

٤٩ - المقومات ذات الملابس الميكانيكية ١٢٧

٥٠ - المقومات شبه الموصلة ١٢٧

٥١ - دوائر التقويم ودوائر الترشيع ١٣١

الباب السادس : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية :

المحركات الكهربائية

٥٢ - تصنيف المحركات ١٣٣

٥٣ - تصنيف المحركات تبعا لنوع الخلية ١٣٤

٥٤ - تصنيف المحركات تبعا لدرجة الوقاية المتوفرة فيها ١٣٥

٥٥ - تصنيف المحركات تبعا لتصميمها وطرق تثبيتها ١٣٦

٥٦ - تصنيف المحركات تبعا لتغير سرعتها بتغير الحمل ١٣٦

أولا : المحركات ذات السرعة الثابتة

٥٧ - محركات ثلاثية الأطوار يعضو دوار على هيئة قفص سنجابي ١٣٨

٥٨ - محركات التيار المستمر بلف على التوازي ١٤١

١٤٢	٥٩ - محركات التيار المستمر بلف مركب
١٤٣	٦٠ - محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوازي
١٤٥	٦١ - محركات لا تزامنية وحيدة الطور
١٤٧	٦٢ - المحركات التزامنية

ثانيا : محركات بسرعة محكمة بالحمل :

١٤٧	٦٣ - محركات التيار المستمر بلف على التوالى
١٤٩	٦٤ - محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوالى
١٤٩	٦٥ - محركات ثلاثية الأطوار بحلقات انزلاق
١٥٠	٦٦ - محركات تنافرية وحيدة الطور

المنظيمات الكهربائية

١٥١	٦٧ - المنظيمات الرافعة
١٥١	٦٨ - المنظيمات الكهربائية المستخدمة في تثبيت المشعولات

الباب السابع : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية :

١٥٣	٦٩ - إنتاج المعادن بالترسيب الكهربائي
١٥٣	٧٠ - جلجنة المعادن
١٥٥	٧١ - جلجنة اللدائن (البلاستيك اعلمشة)

الباب الثامن : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية :

١٥٨	٧٢ - عام
١٥٨	٧٣ - المصابيح المتوهجة
١٥٩	٧٤ - مصابيح التفريغ المتألقة
١٦٤	٧٥ - هندسة الإضاءة
١٦٥	٧٦ - وسائل تثبيت المصابيح

الباب التاسع : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية :

١٦٩	٧٧ - عام
١٧٠	٧٨ - المعدات المستخدمة في تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية

هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية

نظر عامة على هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية ١٧٧

الباب الأول : أجهزة تحويل المعلومات الميكانيكية أو الحرارية أو الضوئية أو الصوتية إلى إشارات كهربائية :

أولا : أجهزة تحويل المعلومات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية :

١ - مفاتيح التلامس ١٧٩

ثانيا : أجهزة تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية :

٢ - المزدوج الحرارى ١٨١

٣ - الترمومتر الزئبق ذو العلامات ١٨٣

٤ - المفتاح ثنائى المعدن ١٨٢

٥ - مفتاح التحكم فى الحرارة ١٨٤

ثالثا : أجهزة تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية

٦ - الخلية الكهروضوئية ١٨٧

٧ - العناصر الكهروضوئية ١٨٧

٨ - الصمامات المستخدمة فى نقل الصور ١٨٨

رابعا : أجهزة تحويل المعلومات الصوتية إلى إشارات كهربائية

٩ - الميكروفونات ١٩٠

الباب الثانى : أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات صوتية أو ضوئية :

أولا : أجهزة تحويل لإشارات الكهربائية إلى معلومات صوتية :

١٠ - الأجراس والأبواق ١٩٢

١١ - سماعة الرأس ١٩٤

١٢ - مكبر الصوت ١٩٥

ثانيا : أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ضوئية :

١٣ - مصابيح الإشارة ولوحات البيان ١٩٦

١٤ - الصمام ذو الشعاع الكاثودى ١٩٩

الباب الثالث : تضخيم الإشارات الكهربائية :

١٥ - عام ٢٠١

٢٠١	١٦ - المرحلات
٢٠٣	١٧ - تضخيم الإشارات ذات التردد العالي
٢٠٤	١٨ - الصمام الثلاثي المستخدم كضخم
٢٠٤	١٩ - تضخيم الإشارات ذات التردد المنخفض
٢٠٦	٢٠ - المواد شبه الموصلة المستخدمة كضخم

الباب الرابع : أجهزة إرسال واستقبال الإشارات ذات التردد العالي :

٢٠٨	٢١ - طرق توليد التيارات العالية التردد
٢١٢	٢٢ - تشكيل الموجات الحاملة ذات التردد العالي
٢١٣	٢٣ - تشكيل سعة الموجات الحاملة
٢١٤	٢٤ - تشكيل تردد الموجات الحاملة
٢١٥	٢٥ - أجهزة استقبال الموجات ذات التردد العالي
٢١٥	٢٦ - مدى الإرسال للموجات ذات التردد العالي
٢١٨	٢٧ - أجهزة الإرسال التلفزيوني ذات التردد العالي
٢١٩	٢٨ - أجهزة الإرسال التلفزيوني ذات التردد العالي
٢٢٣	٢٩ - أجهزة استقبال موجات الراديو ذات التردد العالي
٢٢٧	٣٠ - أجهزة الاستقبال التلفزيوني
٢٢٩	٣١ - هندسة الرادار

الباب الخامس : مصادر تغذية أجهزة الإرسال والاستقبال بالتيار المستمر :

٢٣٢	٣٢ - تصنيف مصادر تغذية أجهزة الإرسال والاستقبال
٢٣٣	٣٣ - المشاكل المتعلقة بالتيار المستمر الناتج من تقويم تيار متردد
٢٣٤	٣٤ - مرشح الموجات

الباب السادس : طرق الاتصال السلكية واللاسلكية :

أولا : طرق الاتصال السلكية

٢٣٦	٣٥ - الكبلات المحلية وكبلات الترنك
٢٣٨	٣٦ - حمل المكالمات التلفزيونية بالتردد العالي

ثانيا : طرق الاتصال اللاسلكية

٢٣٩	٣٧ - الغلاف الجوي
٢٣٩	٣٨ - الموجات السطحية والموجات الأرضية

مقدمة

سبق أن تناولنا في الجزء الأول من كتاب « أساسيات الهندسة الكهربائية » شرح الأسس الفيزيائية والتكنولوجية لمهندسة الكهربائية والجوانب المختلفة للفروع المتعلقة بهذا المجال .

وتعطي دراسة الجزء الأول ، المعلومات الفيزيائية الأساسية للكهرباء ، وكيفية قياس الكميات الكهربائية ، مع شرح أجهزة القياس المستخدمة وطرق اختبارها ومعايرتها .

وهذا الجزء الثاني يبحث في مجالين واسعين من مجالات الهندسة الكهربائية هم :

« هندسة القوى الكهربائية » و « هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية »

ويتناول القسم الخاص بهندسة القوى الكهربائية كيفية توليد الطاقة الكهربائية وتحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة .

أما القسم الخاص بهندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية (هندسة لتيار الضعيف) فيتناول كيفية توصيل المعلومات بعد تحويلها إلى إشارات كهربائية ضعيفة من مكان إلى آخر

وتقسيم الكتاب إلى هذين المجالين لا يعنى أنهما منفصلان عن بعضهما البعض ، بل على العكس من ذلك فإن كلا منهما يرتبط بالآخر ارتباطاً وثيقاً . فأي جهاز راديو أو تليفزيون يحتاج إلى كمية من القدرة الكهربائية لاستقبال الإشارات الكهربائية لضعيفة وتحويلها إلى معلومات مسموعة أو مرئية . كما أن كثيراً من المحركات الكهربائية وتركيبات الإضاءة يتم تنظيمها والتحكم فيها بواسطة مركبات كهربائية ذات قدرة دخن منخفض ، أي تعمل بتيار ضعيف . ويتضح من ذلك أن هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية وثيقة الصلة بهندسة القوى الكهربائية .

ويقدم هذا الكتاب دراسة مستفيضة في الفروع المختلفة للهندسة الكهربائية وفي الأساسيات الكهربائية ، بحيث يمكن للقارئ ، مستعيناً بهذه المعلومات ، أن يتعرف بسهولة على طبيعة العلاقة التي تربط مجال « هندسة القوى الكهربائية » بمجال هندسة « الاتصالات السلكية واللاسلكية » (هندسة التيار الضعيف) .

هندسة القوى الكهربائية

نظرة عامة على هندسة القوى الكهربائية

يشمل مجال هندسة القوى الكهربائية الموضوعات الآتية :

- توليد الطاقة الكهربائية .
- نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية والتحكم فيها .
- تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة .

وتغطي الموضوعات الثلاثة السابقة كل ما يتعلق بهندسة القوى الكهربائية ابتداء من « محطة توليد القدرة الكهربائية » ، حتى وصول الطاقة إلى المستهلك . فن محطة توليد القدرة الكهربائية تتحول الطاقة ميكانيكية ، أو طاقة المائط المائية ، أو الطاقة الحرارية (الطاقة المتولدة نتيجة لاحتراق الفحم مثلاً) إلى طاقة كهربائية . ومن هذه المحطة تنقل الطاقة الكهربائية ، وتوزع على المستهلكين . وفي الأجهزة والمعدات التي يستعملها المستهلك تحول الطاقة الكهربائية إلى أي نوع آخر من الطاقة المطلوبة : ميكانيكية أو حرارية أو ضوئية .

توليد الطاقة الكهربائية :

تولد الطاقة الكهربائية بإحدى الطرق الآتية :

- آلات توليد الطاقة الكهربائية (المولدات) .
- الطرق الكيميائية لتوليد الطاقة الكهربائية (البطاريات) .
- الطرق الضوئية لتوليد الطاقة (الخلايا الكهروضوئية) .

آلات توليد الطاقة الكهربائية (المولدات) :

تولد الطاقة الكهربائية بكميات كبيرة في محطات توليد القدرة الكهربائية. وتقسم المحطات تبعاً لنوع الطاقة التي تقوم بدفع المحرك الأولي إلى :

- (أ) محطات حرارية : يدار فيها المحرك الأولي باستخدام الطاقة الناتجة من احتراق الوقود .
- (ب) محطات هيدروليكية : يدار فيها المحرك الأولي باستخدام الطاقة الناتجة من وجود فرق بين منسوبي المياه في مجرى النهر .
- (ج) محطات هوائية : يدار فيها المحرك الأولي باستخدام تيار الهواء .

الطرق الكيميائية لتوليد الطاقة الكهربائية (البطاريات) :

تولد الطاقة الكهربائية بكثافة صغيرة بالطرق الكيميائية بواسطة البطاريات والمراكم .
وتنقسم المراكم عادة إلى :

(أ) مراكم قلوية : سائلها الإلكتروليتى قلوى .

(ب) مراكم حمضية : سائلها الإلكتروليتى حمضى .

الطرق الضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية (الخلايا الكهروضوئية) :

تولد الطاقة الكهربائية بكثافة صغيرة جداً باستخدام عناصر حساسة للضوء يطلق عليها اسم « الخلايا الكهروضوئية » .

ولقد تناولنا بالشرح المولدات والبطاريات في قسم هندسة القوى الكهربائية، بينما تناولنا موضوع الخلايا الكهروضوئية في قسم هندسة التيار الضعيف (هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية) .

نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية :

تنقل الطاقة الكهربائية بواسطة خطوط تغذية بنظام جهد عال ، ثم يخفض هذا الجهد العالى بواسطة محولات لقدرة ، وبعد ذلك تورع الطاقة بواسطة خطوط تغذية بنظام جهد منخفض ، حتى يصل إلى المستهلك . ويطلق على خطوط التغذية هذه عادة اسم « شبكة النقل والتوزيع » .

وسائل التحكم في الطاقة الكهربائية

تستخدم وسائل التحكم في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لعملية الإشراف والتحكم والحماية وتنقسم إلى :

١ - وسائل تحكم في الجهد المنخفض .

٢ - وسائل تحكم في الجهد العالى .

أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة :

يشمل هذا القسم المعدات والآلات المستخدمة في تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من الطاقة ، وتنقسم إلى :

أولاً : أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة الكهربائية :

يشمل هذا الباب المحولات والمفبرات والمقومات . . . إلخ ، والتي تقوم بتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر والعكس ، أو بتحويل التيار أو الجهد من قيمة معينة إلى قيمة أخرى .

ثانياً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية :

ويتضمن هذا الباب شرحاً وافياً للمحركات الكهربائية والمضخات الرافعة التي تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية .

ثالثاً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية :

تناول في هذا الباب كيفية استخدام التحليل الإلكتروليتي لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية لاستخدامها في عمليات الجلفنة وطلاء المعادن ، وفي عمليات الترسيب الكهربائي لاستخراج النحاس النقي والفلزات الأخرى .

رابعاً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية :

ناقشنا في هذا الباب استخدام المصابيح بأنواعها المختلفة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية ، مثل المصابيح المتوهجة والمصابيح المتألقة ومصابيح الصوديوم . . . إلخ .

خامساً : أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية :

أوجزنا في هذا الباب كيفية استخدام المقامسات والأفران الكهربائية وطرق الحث الكهربائي والإشعاعات ، لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية .

وقد أعطينا بهذا الموجز فكرة عامة عن هندسة القوى الكهربائية التي سنناقها بالشرح علماً بأن هذا الكتاب لا يبحث في العمليات الصناعية الخاصة بتصنيع المحركات الكهربائية أو أي طراز من الآلات الكهربائية ذات الكفاءة العالية ، أو وصف المصانع التي تستطيع إنتاج مئات المصابيح المتوهجة في أقل فترة من الزمن . وإنما يتناول وصف وشرح التصميمات وطرق التشغيل ومجال استخدام لمولات والمحركات ومعدات الطاقة الكهربائية بأنواعها المختلفة .

الباب الأول

آلات توليد الطاقة الكهربائية

(المولدات)

(١) عام :

تولد الطاقة الكهربائية في محطات توليد القدرة بواسطة آلات كهربائية دوارة ، يطلق عليها اسم المولدات . وتتركب جميع أنواع المولدات من عضو ساكن (ثابت) ، وعضو دوار . يدار العضو الدوار عادة بواسطة آلة تسمى المحرك الأولى .

ويطلق اسم « الدينامو » على المولدات الصغيرة المستخدمة في تغذية النظام الكهربائي للسيارات والدراجات . ويتميز الدينامو عن المولدات المستخدمة في محطات توليد القدرة الكهربائية بصغر حجمه وانخفاض قدرة خرجة .

(٢) تصنيف المولدات تبعاً لكيفية إثارتها :

تنبنى نظرية المولد عن القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة بالحث في الملفات الموجودة على عضو الإنتاج (العضو الدوار) ، حيث تقطع هذه الملفات أثناء دورانها خطوط القوى المغناطيسية الناشئة من مغنطيس دائم مثل ذلك المستخدم في حالة الدينامو ، أو من مغنطيس كهربائي مثل ذلك المستخدم في حالة المولدات الكبيرة . وتسمى المغنطيسات الكهربائية عادة مغنطيسات المجال .

ويطلق خبراء تصميم الآلات الكهربائية على طرق تغذية ملفات مغنطيسات المجال بالتيار الكهربائي اسم « الإثارة » أو « إثارة المولدات » .

وتقسم المولدات عادة تبعاً لكيفية إثارة ملفات مغنطيسات المجال إلى :

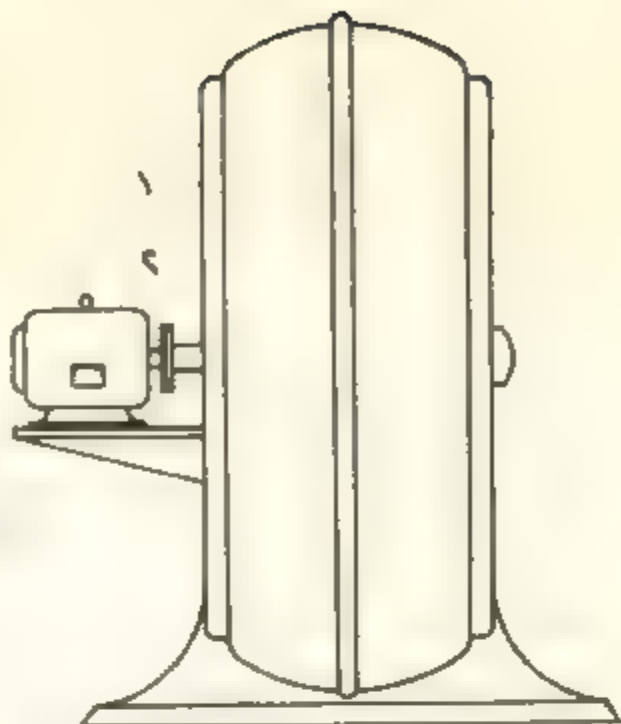
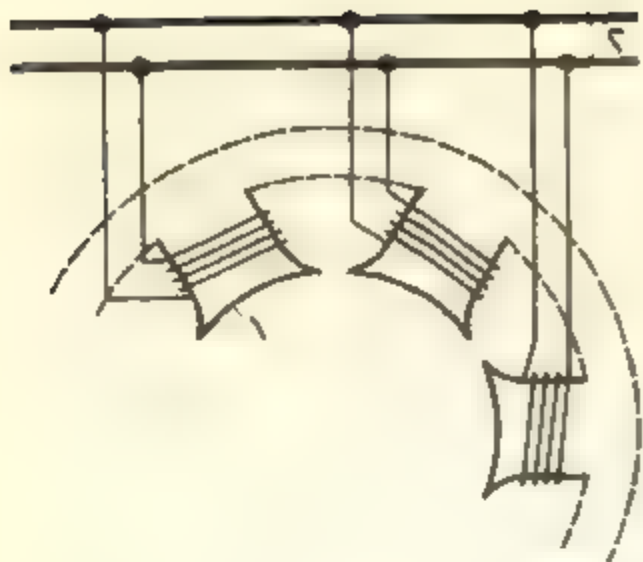
(أ) مولدات بإثارة منفصلة ،

(ب) مولدات بإثارة ذاتية تلقائية ،

(ج) مولدات بإثارة ذاتية .

(أ) مولدات بإثارة منفصلة :

يوضح شكل (١) الفكرة الأساسية للإثارة المنفصلة ، وتتلخص في توصيل ملفات إثارة مغنطيسات المجال بمصدر منفصل للطاقة لتنفيذها بالتيار اللازم لعملية الإثارة . وقد يكون هذا المصدر بطارية أو دينامو أو أى مصدر للتيار المستمر .



الشكل (١) مولد بإثارة منفصلة
١ - مغنطيسات المجال وحواط ملفات الإثارة
٢ - مصدر منفصل للطاقة الكهربائية

الشكل (٢) مولد بإثارة تلقائية
١ - المولد الرئيسي
٢ - مولد تيار مستمر يستخدم لعملية الإثارة فقط
٣ - رمز تخطيطي لعملية الإثارة التلقائية



(ب) مولدات بإثارة ذاتية تلقائية :

يوضح شكل (٢) الفكرة الأساسية للإثارة الذاتية التلقائية . وتتلخص في تركيب مولد صغير للتيار المستمر على عمود إدارة المولد الأساسي بحيث يدور المولدان معاً . ويستخدم التيار المستمر الناتج من المولد الصغير لتغذية ملفات الإثارة للمولد الأساسي .



الشكل (٣) مولد بإثارة ذاتية
١ - ملفات المجال موضوعة بالعضو الساكن
٢ - ملفات العضو الدوار .

١٣) مولدات بإثارة ذاتية :

وحد « فيرنر سينز » (١٨١٦ - ١٨٩٢) أنه يمكن أن تم الإثارة الذاتية لمولد تيار مستمر ، عندما تكون ملفات عصوه الساكن ، وملفات عضوه الدوار متصلة معاً على التوازي ، وموصلة على التوالي بالأجهزة أو التركيبات الكهربائية المطلوب استخدام التيار فيها . كما هو مبين بالشكل (٣) . وفي هذه الحالة تنتج الإثارة الذاتية عندما يدور العضو الدوار بين المغنطيسات الكهربائية التي لها قلوب حديدية سبق مغنطتها .

فن المعروف أن القلوب الحديدية تحتفظ بجزء من المغنطيسية يطلق عليها اسم « المغنطيسية المتبقية » . ويتبقى هذا الجزء بعد عمية المغنطة الأولى وبعد انقطاع التيار عن الملفات المحيطة بها . وتفيد هذه المغنطيسية المتبقية بعد ذلك في إيجاد مجال مغنطيسي يكفي على كل حال لكي ينتج بالحث قوة دافعة كهربائية منخفضة في ملفات عضو الإنتاج عند بدء دورانه . وتؤدي هذه القوة الدافعة الكهربائية بدورها إلى مرور تيار في ملفات الإثارة الموصلة على التوالي بالأجهزة ، الأمر الذي تنتج عنه زيادة الفيض (التدفق) المغنطيسي لمغنطيسات المجال ، مما تساهل إلى زيادة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث في عضو الإنتاج . وهكذا يزداد التدفق المغنطيسي تبعاً لزيادة شدة تيار الإثارة إلى أن تصل الدائرة المغنطيسية إلى حالة التشبع . ويطلق على ظاهرة « الإثارة الذاتية » أيضاً اسم « الظاهرة الدينامو كهربية » .

وتتميز المولدات ذات الإثارة الذاتية بأنها أقل أنواع المولدات تكلفة سواء في صناعتها أو صيانتها .

المولدات ذات القطب الداخلي ، والمولدات ذات القطب الخارجي :

يمكن وضع مغنطيسات المجال للمولدات إما بالعضو الساكن أو العضو الدوار .

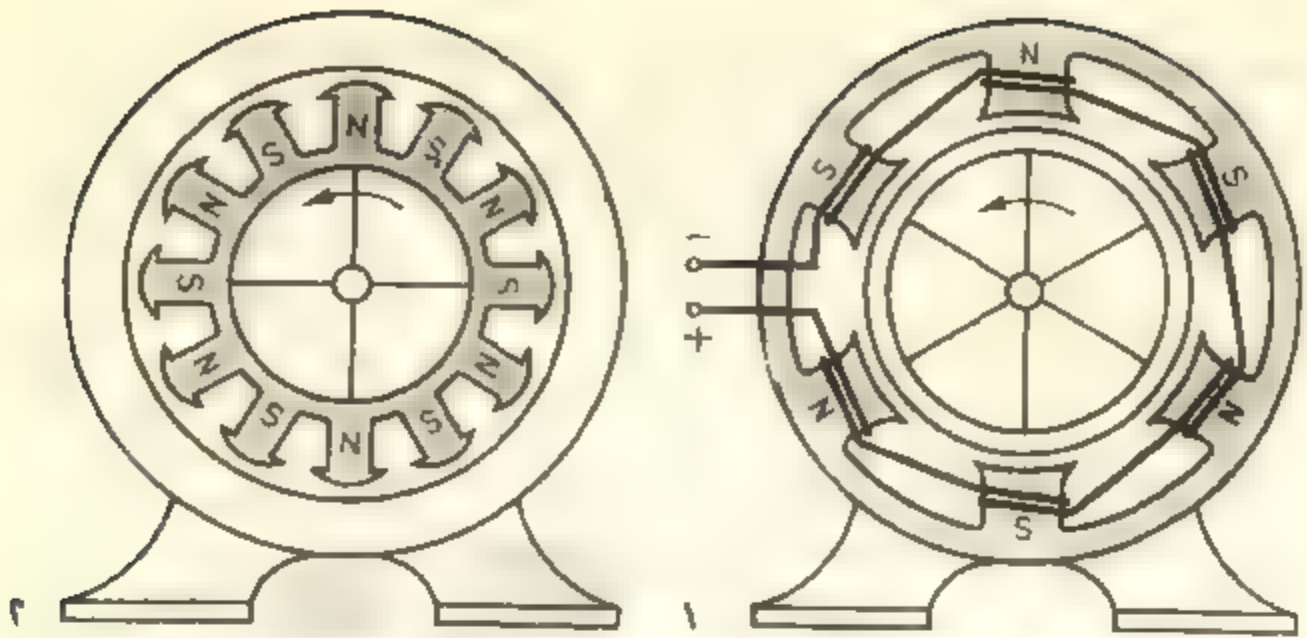
وتعرف المولدات بأنها ذات قطب خارجي إذا كانت ملفات الإثارة موحدة بالعضو الساكن . أما إذا كانت ملفات الإثارة موحدة بالعضو الدوار ، فيعرف المولد بأنه ذات قطب داخلي . وأكثر مولدات التيار المتردد (بما في ذلك المولدات الثلاثية الأطوار) آلات ذات قطب داخلي . أما مولدات التيار المستمر فهي عادة آلات ذات قطب خارجي ، حيث يستخدم الجزء الدوار في توليد التيار المستمر .

يبين الشكل (٤) هذين النوعين من المولدات .

وتقسم المولدات عادة من حيث نوع التيار الذي تقوم بتويده إلى :

أولاً : مولدات التيار المستمر .

ثانياً : مولدات التيار المتردد .



الشكل (٤) آلات بأقطاب خارجية وآلات بأقطاب داخلية

١ - آلات بأقطاب خارجية .

٢ - آلات بأقطاب داخلية .

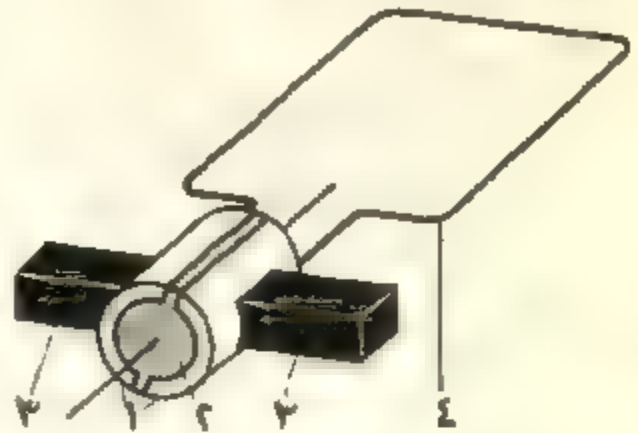
أولاً : مولدات التيار المستمر

(٢) الفرش من المبدل (عضو التوحيد) وكيفية أدائه :

عند شرح نموذج مولد التيار المتردد (الذي سبق ذكره في الجزء الأول من كتاب أساسيات الهندسة الكهربائية) ، بيئاً أن التيار المتردد الجلبى يمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتردد بواسطة فرشيتين تفتحيان بأطراف من الكربون تلامسان حلقى انزلاق . وتتصل حلقى الانزلاق بنهايتى الملف وتدوران معه على نفس المحور . ولحصول على تيار مستمر من هذه المولدات فإنه يستأخذ من حلقى الانزلاق بمبدل أو موحد للتيار .

وبين شكل (٥) الفكرة الأساسية لعملية التوحيد ، حيث يقوم المبدل بتوحيد اتجاه التيار الناتج بالحث في ملف موصل مقفل للحصول على تيار مستمر . ويتكون المبدل من حلقة مشطورية إلى نصفين معزولين ، أو غوصتين معزولتين يطلق على كل واحدة منهما اسم « شدة » وتتصل كل شدة منهما بإحدى نهايتى الملف . وينزلق المبدل على فرشيتين ثابتتين . وعندما يدور الملف تلامس كل فرشاة نصفى الحلقة بالتناوب ، وبذلك يخرج من الفرشيتين تيار مستمر يمرى في اتجاه واحد . وبين الشكل (٦) دورة من دورات عضو إنتاج بملف واحد مقفل ومبدل بشدتين في أربعة أوضاع (لحظات) مختلفة . ومن هذا الشكل يتضح أنه إذا كانت الدائرة الخارجية مقفلة فإن التيار المتولد يمر في اتجاه واحد فقط . أى عند توصيل أى جهاز بين الطرفين (١) ، (٢) فإن التيار يكون له قيمة كبيرة ، ويمر دائماً من النهاية (١) إلى النهاية (٢) عندما تكون الفرش

الشدات في الوضع الثاني والوضع الرابع . بينما تصبح قيمة التيار صفراً عندما تلامس الفرش نقطة اتصال الشدتين كما في الوضع الأول والوضع الرابع . وعلى ذلك فإننا نحصل على تيار مستمر بنبضات شديدة كالمبينة في الشكل (٧) إذا استخدم ملف واحد ومبدل بشدتين . وهذا التيار لا يلائم الاستخدام في الأغراض العامة .



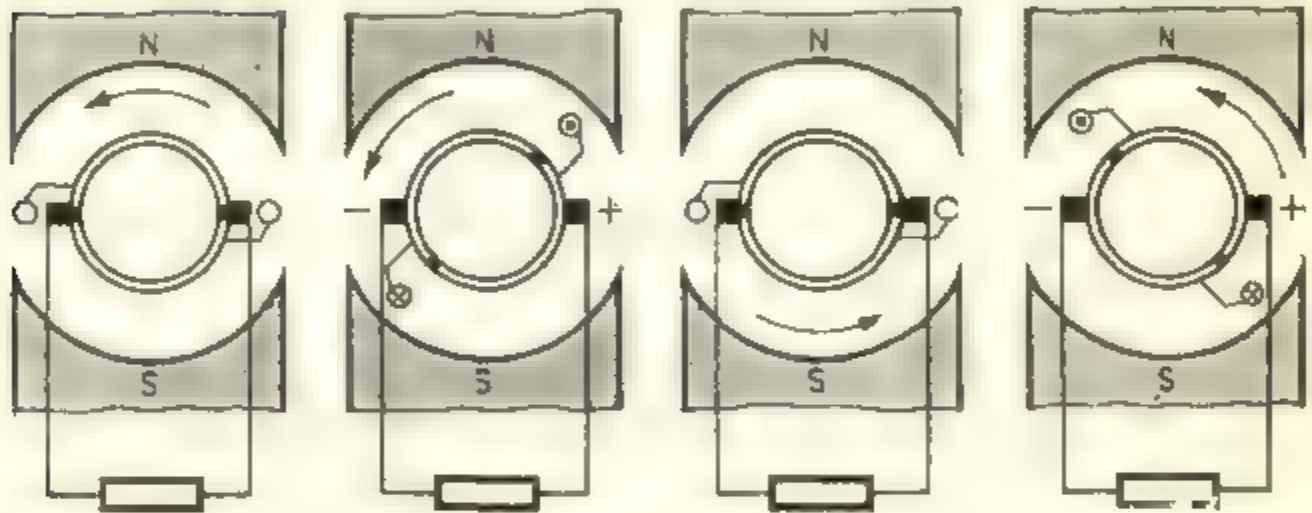
الشكل (٥) كيفية عمل المبدل (عضو التوحيد)

١ - الخوص النحاسية المعزولة (الشدات)

٢ - مواد عازلة

٣ - الفرش

٤ - الملف (الإطار الموصل)



(شكل ٦) توليد التيار المستمر



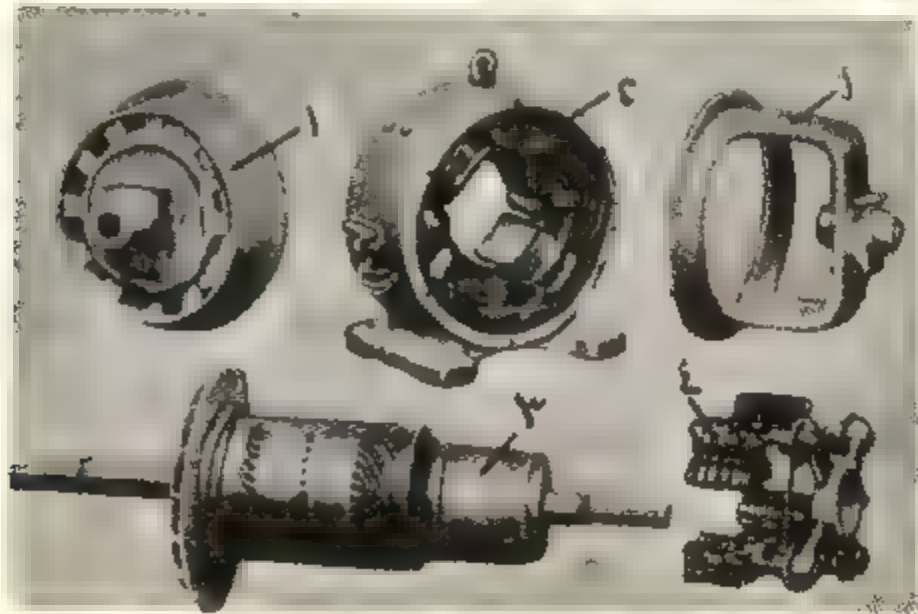
الشكل (٧) تيار مستمر نبضي

ويمكن الحصول على تيار مستمر منم أملس خال من النبضات ، يصلح للأغراض العامة ، باستخدام مولد له عضو إنتاج به عدة أزواج من الملفات بدلا من ملف واحد . ويستخدم مع عضو الإنتاج في هذه الحالة مبدل مكون من عدد من الشدات (الخوصات المعزولة) مساو لعدد الملفات الموجودة في عضو الإنتاج .

(٤) التصميم الميكانيكي لمولد تيار مستمر :

يبين شكل (٨) مولداً لتيار المستمر . ويتكون عادة من الأجزاء الرئيسية التالية :

- مستندان لكراسى التحميل يرتكز عليهما عمود الإدارة لعضو الإنتاج .
- إطار مثبت بداخله العضو الساكن ومغناطيسات المجال وحول ملفات الإثارة .
- عضو إنتاج أسطوانى الشكل مصنوع من رقائق من الحديد السلييكوفى، فيه مجار توضع بداخلها الملفات التى يتولد بها التيار بالحث الكهرمغناطيسى .
- حامل الفرش وبداخله فرش كربونية لتوصيل التيار المتولد إلى الدائرة الخارجية .
- يصنع المستندان عادة من الزهر المسبوك ، ويستخدمان فى تثبيت كراسى التحميل التى يرتكز عليها عمود إدارة عضو الإنتاج . وتفيد كراسى التحميل فى تسهيل دوران عضو الإنتاج مع بقائه متمركزاً مع الإطار ومغناطيسات المجال .
- ويصنع الإطار عادة من الصلب المسبوك . ويستخدم فى حمل مغناطيسات المجال وكراسى التحميل .
- أما عضو الإنتاج فيصنع من رقائق من ألواح الدينامو . وألواح الدينامو عبارة عن سبيكة من الصلب الطرى المحتوى عن نسبة من السلييكون ، ويغطى سطحها من الخارج مادة عازلة . ويفيد السلييكون والمادة العازلة فى الحد من التيارات الدوامية التى تتولد بالحث فى الحديد أثناء الدوران .
- ويزود عضو الإنتاج بمجار يوضع بداخلها الملفات التى يتولد بها التيارات بالحث الكهرمغناطيسى ، كما يزود عضو الإنتاج أيضاً بعمود إدارة لتسهيل دورانه . ويحمل عمود الإدارة المبدل (عضو التوحيد) ، ومروحة تبريد فى بعض الأحيان .



الشكل (٨) الوحدات التى يتوكل منها مولد التيار المستمر

١ - حامل كراسى التحميل ٢ - عضو الإنتاج الأسطوانى

٣ - الإطار الرئيسى للمولد وبه مغناطيسات المجال ٤ - حامل الفرش

(٥) التيار المستمر المتولد من عضو إنتاج بأربعة ملفات :

سبق أن بينا أن التيار المستمر الذى نحصل عليه من عضو إنتاج أسطوانى بملف وحيد ومبدل بشدتين فقط هو تيار مستمر بنبضات شديدة . ولتحصول على تيار مستمر منم (أملس) به عدد قليل من النبضات ، يستخدم مولد له عضو إنتاج أسطوانى به عدد كبير من الملفات . وبين الشكل (٩) عضو إنتاج بأربعة ملفات موصلة على التوالى ، عن أن توصل نقطة اتصال طرفى كل ملفين متتالين بإحدى شدات المبدل الأربعة . وعند دوران عضو الإنتاج فى الاتجاه المبين فى الشكل يتولد بالحث فى الملفين (٢ ، ٤) جهد له نفس قيمة الجهد المتولد فى الملفين (٣ ، ٤) . وحيث أن الملفين (٢ ، ١) ، (٢ ، ٣) ، متصلان على التوالى وموصلان بالدائرة الخارجية . فإن جهد المولد الرئيسى يساوى الجهد المتولد فى الملفين (٢ ، ١) أو (٢ ، ٣) ، حيث أنهما متساويان .

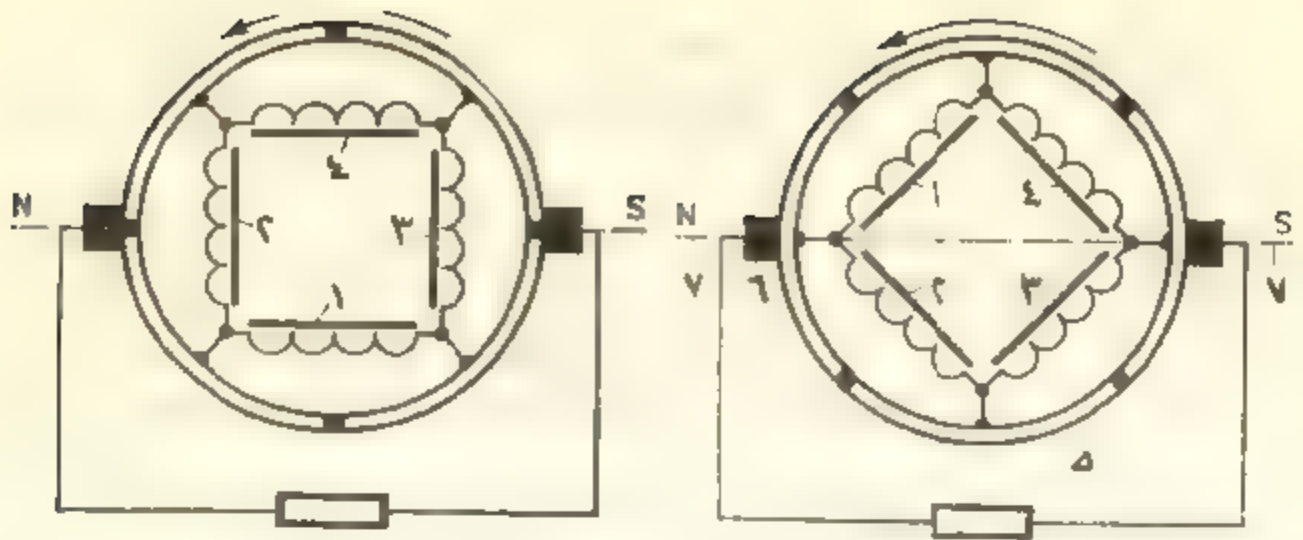
أما التيار الناتج فى هذه الحالة والمسار فى الدائرة الخارجية فإنه يساوى مجموع التيارين المتولدين فى الملفين (٢ ، ١) ، (٢ ، ٣) .

ومن هنا يتضح أن قيمة كل من الجهد والشار فى أى مولد تعتمد على عدد الملفات المقفلة الموجودة بعصو الإنتاج . فيزيد الجهد بزيادة عدد الملفات المتصلة على التوالى ، ويزيد التيار بزيادة عدد الملفات المتصلة على التوازي .

وبين شكل (١٠) موضع عضو الإنتاج فى المحطة التى تلامس فيها الفرش الكربونية النقطتين اللتين تفصلان شدتين متجاورتين من شدات المبدل . وعند هذه المحطة تقوم الفرش ، كما هو واضح من الشكل ، بعمل قصر دائرة كل الملفين (٢ ، ٣) ، وتصبح الجهود المتولدة بالحث فى الملفين (٢ ، ١) هى الجهود الفعالة فقط . وعند دوران عضو الإنتاج ٩٠° أخرى تصبح الجهود المتولدة فى الملفين (٢ ، ٣) هى الجهود الفعالة فقط . وتقوم الفرش فى هذه الحالة الأخيرة بعمل قصر دائرة كل الملفين (٢ ، ١) .

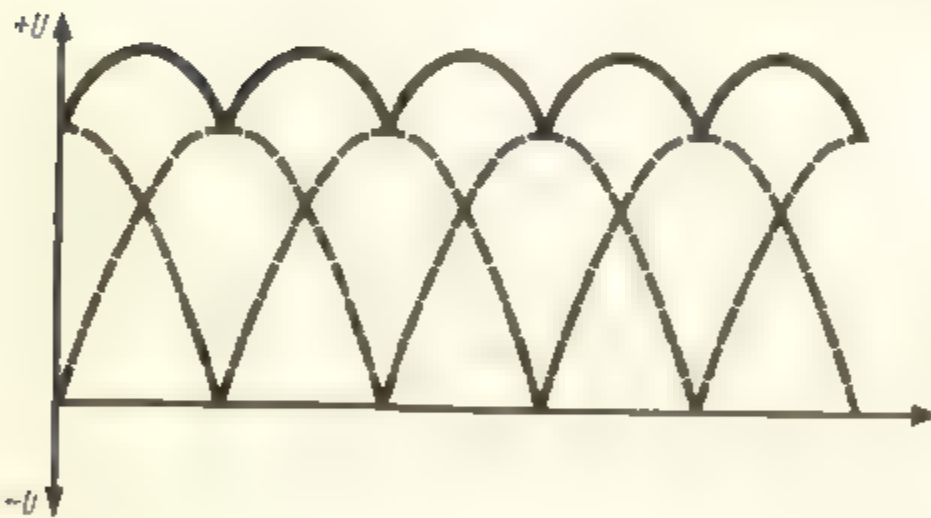
وبذلك نحصل من عضو إنتاج بأربعة ملفات على تيار مستمر له موجة كذلك المهيئة فى شكل (١١) .

ومنه يتضح أنه كلما زاد عدد الملفات زادت قيمة الجهد والتيار المتولدين بالحث فى المولد . غير أنه لا يمكن زيادة قيمة الجهد المتولد بالحث فى المولد على حد معين (٦٠٠٠ فولت) نظراً عزل المبدل والملفات بأجود عالية ، بالإضافة إلى حدوث وميض حار بين الشدات ، أى وميض يعبر العازل بين الشدات المتجاورة فى المبدل .



الشكل (١٠) وضع عضو الإنتاج الاسطوانى بالنسبة للفرش في حالة نقص الجهد .

الشكل (٩) تمثيل تخطيطي لترتيب الملفات الأربعة على عضو الإنتاج الأسطوانى
(١ ، ٢) ، (٣ ، ٤) تمثل الملفات الأربعة
٥ - الخوص المنزولة (الشدقات)
٦ - الفرش ٧ - محاور المغنطيس



الشكل (١١) عملية تنعيم التيار المستمر بعد التخلص من التموجات .

- (٦) تصنيف المولدات تبعاً لكيفية توصيل ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج :
- تقسم مولدات التيار المستمر ، تبعاً لكيفية توصيل ملفات منطيطات المجال بملفات عضو الإنتاج ، إلى الأنواع الأساسية التالية :
- مولدات بلف على التوالى : وفيها توصيل ملفات المجال على التوالي بملفات عضو الإنتاج .
 - مولدات بلف على التوازي : وفيها توصيل ملفات المجال على التوازي بملفات عضو الإنتاج .

- مولدات بلف مركب : وفيها يوصل جزء من ملفات المحل على التوالي بملفات عضو الإنتاج ، ويوصل الجزء الآخر على التوازي بملفات عضو الإنتاج .

الاستخدامات :

تستخدم المولدات بلف على التوازي في الطلاء بالكهرباء ، والحمم بالكهرباء وفي جميع الأغراض التي يمكن أن تصنع فيها تحميل المولد بصفة منتظمة ومستمرة .

وتستخدم المولدات بلف على التوازي في محطات توليد القدرة الكهربائية .

كما تستخدم المولدات بلف مركب في محطات توليد القدرة الكهربائية وفي المحطات الكبيرة بتشغيل متقطع . وتبين الأشكال (١٢) ، (١٣) ، (١٤) ، الرسوم التخطيطية لدوائر المولدات بلف على التوازي ، والمولدات بلف على التوالي ، والمولدات بلف مركب ، على الترتيب .

وقد توصل مولدات التيار المستمر مع بعضها البعض على التوالي للحصول على نظام تيار مستمر ثلاثي الأسلاك كما هو مبين بالشكل (١٥) . ويفيد مثل هذا النظام في إمكان الحصول على جهدين مختلفين بين خطوطه مثل ١١٠/٢٢٠ فلت أو ٢٢٠/٤٤٠ فلت ويكون الجهد بين أى موصل من الموصلين الخارجيين وبين موصل التعادل مساوياً لنصف الجهد بين الموصلين الخارجيين .

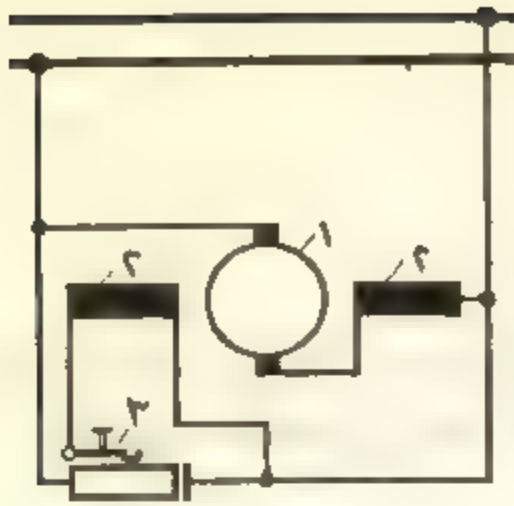
ثانياً : مولدات التيار المتردد

(٧) المولدات وحيدة الطور ، والمولدات ثلاثية الأطوار :

سبق أن شرحنا في الجزء الأول كيفية الحصول على طاقة كهربائية بتيار متردد باستخدام مولد بسيط - وهو لا يختلف في كيفية عمله عن مولد التيار المستمر ، استبدل فيه بعضو التوحيد (المبدل) حلقتان تترتبان على فرشتين ثابتتين ، ويمكن عن طريقتهما الحصول على التيار المتردد . وتصنع مولدات التيار المتردد عادة بأقطاب داخلية . وتختلف المولدات الثلاثية الأطوار من المولدات وحيدة الطور بوجود ثلاثة ملفات بين كل قطبين بدلاً من ملف واحد . ويبين الشكل (١٦) رسماً تخطيطياً للمقارنة بين هذين النوعين من المولدات .

وتستخدم مولدات التيار المتردد في الحمر الكهربائي بتردد قدره $16\frac{2}{3}$ ذبذبة/ثانية . كما تستخدم أيضاً في توليد الطاقة الكهربائية بجهد يصل إلى ٦٠٠٠ فلت تقريباً . وقد تصنع مولدات لتوليد طاقة بجهد أكبر من ذلك على ألا يتعدى (١٥٠٠٠) فلت ، حيث أن ذلك يؤدي إلى الكثير من الصعوبات الخاصة بالعزل اللازم للملفات في الجهود العالية .

ويمثل الشكل (١٧) رسماً تخطيطياً لوضع الملفات في مجارى عضو الإنتاج . ومن الممكن ترتيب الملفات بمدة طرق أخرى من حيث خطوات اللف أو الشكل أو طرق التوصيل . . . إلخ .



الشكل (١٤) مولد بملف مركب :

- ١ - العضو الدوار (عضو الإنتاج)
- ٢ - العضو الساكن (ملفات المجال)
- ٣ - ريوسات المجال .

طريقة ترتيب الدوائر :
يوصل جزء من ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج - ويوصل الجزء الآخر على التوازي بها .
حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :
لا تعتمد قيمة الجهد المتولد عمليا على ظروف التشغيل المختلفة .

كما يمكن ضبط قيمة الجهد المتولد لتبقى ثابتة عمليا بواسطة ريوسات المجال .
الاستخدامات :

تستخدم في محطات توليد القدرة - وفي المصانع التي يمكن التحميل بها متقطعا .



الشكل (١٣) مولد

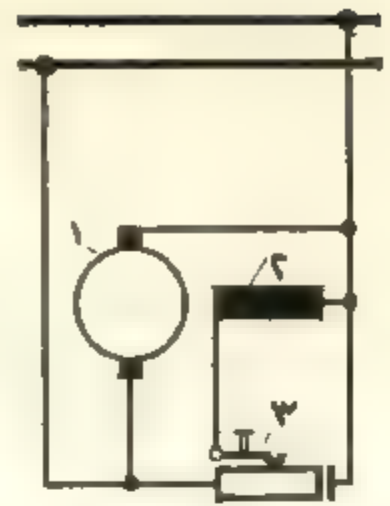
- ملف على التوالي :
- ١ - العضو الدوار (عضو الإنتاج)
- ٢ - العضو الساكن (وفيه ملفات المجال) .
- ٣ - ريوسات المجال .

طريقة ترتيب الدوائر :
توصل ملفات عضو الإنتاج على التوالي بملفات المجال .
حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :
في حالة التشغيل بدون حمل : لا يتولد أي جهد يذكر .

في حالة التشغيل بالحمل : يزيد الجهد بسرعة كلما زاد الحمل .
الاستخدامات :

يستخدم كمولد مستقل يراعى تحميله بصفة مستمرة ومنظمة .

يستخدم في عمليات الطلاء بالكهرباء أو في عمليات الإضاءة المنتظمة أو في وحدات اللحام الكهربائي .



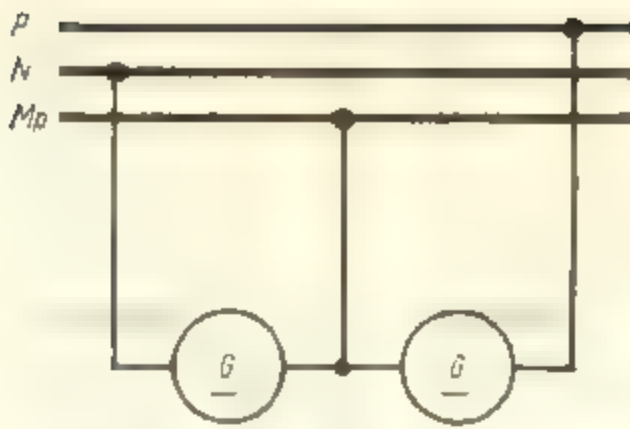
الشكل (١٢) مولد

- ملف على التوازي :
- ١ - العضو الدوار (عضو الإنتاج)
- ٢ - العضو الساكن (ملفات المجال)
- ٣ - ريوسات المجال

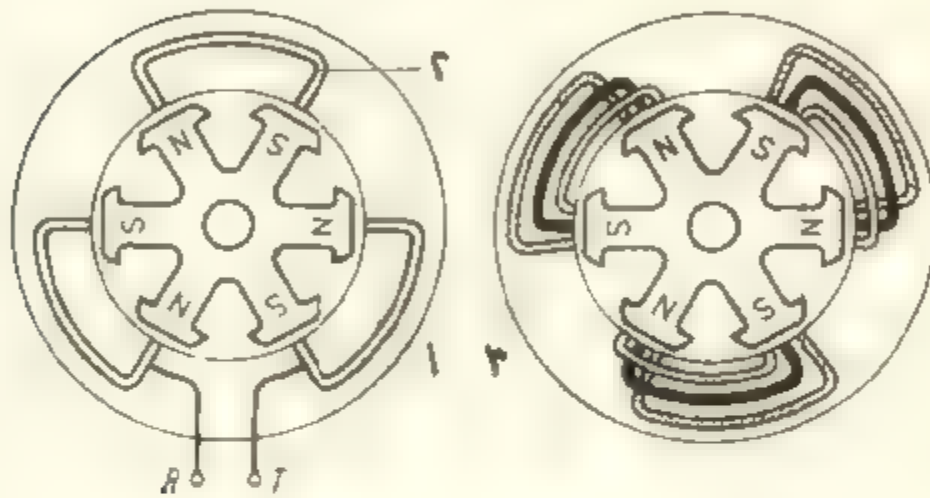
طريقة ترتيب الدوائر :
توصل ملفات العضو الدوار على التوازي مع ملفات المجال .
حالة الجهد المتولد تحت ظروف التشغيل المختلفة :
في حالة التشغيل بدون حمل : يتولد الجهد بقيمته القصوى

في حالة التشغيل بحمل : ينخفض الجهد انخفاضاً طفيفاً

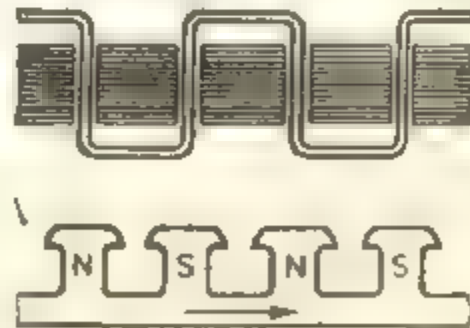
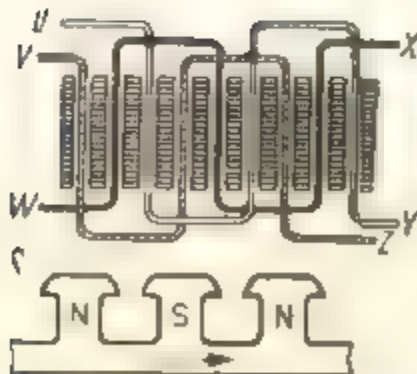
الاستخدامات :
يستخدم في محطات توليد القدرة الكهربائية



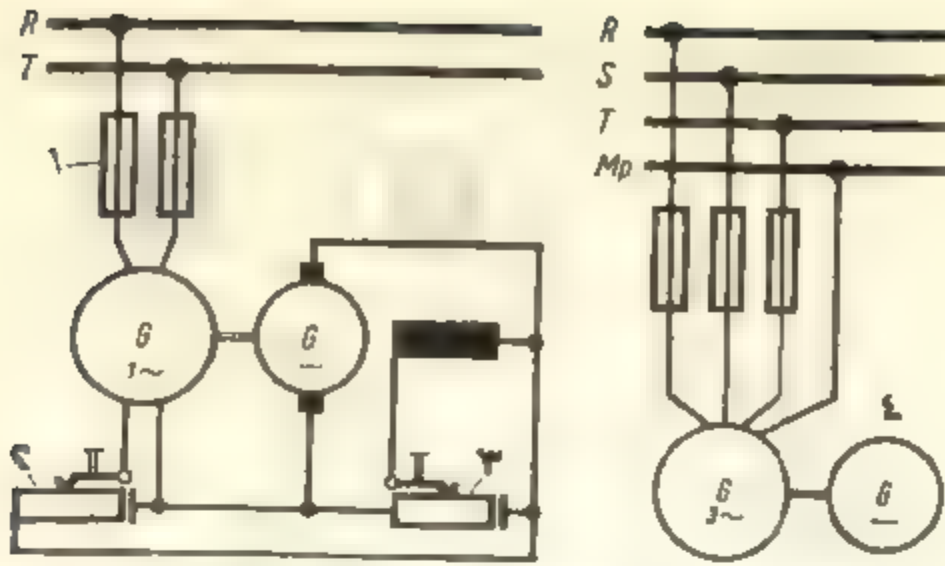
الشكل (١٥) توصيل مولدات التيار المستمر على التوالي للحصول على نظام توزيع بثلاثة أسلاك .



الشكل (١٦) ملفات المولد وحيد الطور والمولد الثلاثي الأطوار
 ١ - مغنطيسات المجال .
 ٢ - ملفات مولد وحيد الطور .
 ٣ - ملفات مولد ثلاثي الأطوار .



الشكل (١٧) ترتيب الملفات في المولدات وحيدة الطور والمولدات ثلاثية الأطوار :
 ١ - ترتيب الملفات لمولدات وحيدة الطور ٢ - ترتيب الملفات لمولدات ثلاثية الأطوار



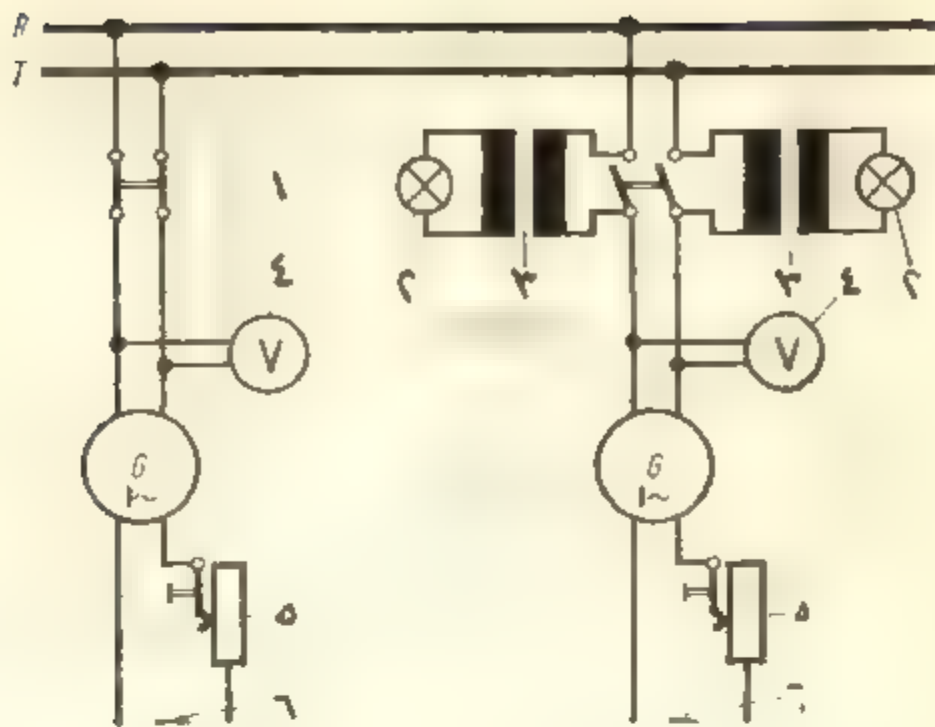
شكل ١٨ : رسم تخطيطي لدائرتين تمثلان أهم النظم المتبعة في تنظيم جهد المولدات الموصلة بشبكات التغذية وبالأحمال .

ويمثل الشكل (١٨) رسماً تخطيطياً لدائرتين تمثلان أهم النظم الأساسية المتبعة في تنظيم جهد المولدات الموصلة بشبكات التغذية وبالأحمال . ومنه يظهر كيفية تنظيم الجهد الناتج من المولد الرئيسي باستخدام المقاومتين (٢) ، (٣) حيث توصل إحداها (٣) بدائرة ملفات الإثارة للمولد الرئيسي (مولد التيار المتردد) ، بينما توصل المقاومة الأخرى (٣) بدائرة مولد التيار المستمر (المولد الصغير) ، الذي يغذى ملفات مغنطيسات المجال بتيار الإثارة اللازم . وبواسطة هاتين المقاومتين يمكن زيادة تيار شدة الإثارة للمولد الرئيسي إذا انخفض جهد المولد عن جهد المنبع ، أى يمكن بواسطتهما تنظيم جهد المولد ليبقى ثابتاً داخل حدود معينة .

(٨) توصيل مولدات التيار المتردد على التوازي :

تزود غالبية محطات توليد الكهرباء بعدد كبير من المولدات ، قد توصل جميعها بالشبكة أو يفصل جزء منها في أوقات معينة ، بينما يوصل جزء آخر من هذه المولدات في أوقات الذروة ، وذلك تبعاً للقدرة المطلوبة (الحمل المطلوب) . وتوصيل المولدات يعنى توصيل مولد أو أكثر على التوازي بمولد أو أكثر قائم بالعمل فعلاً ، أى موصل بالشبكة ، ولا يتم ذلك إلا إذا توفرت الشروط الآتية للمولدين لحظة التوصيل :

- ١ - أن يكون لهما نفس الجهد المقنن .
- ٢ - أن يكون لهما نفس التردد المقنن .
- ٣ - أن يكون لهما نفس الطور لحظة توصيلهما معاً (يتحطان في تتابع الأطوار) .



شكل ١٩ : رسم تخطيطي لدائرة يبين كيفية توصيل مولدين بطور وحيد على التوازي .

ويطلق المصطلح « التزامن » على عملية توصيل المولدات لتعمل على التوازي إذا استوفت الشروط السابقة .

(٩) كيفية القيام بعملية التزامن :

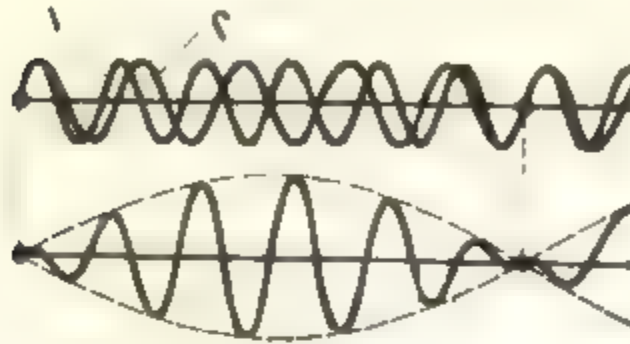
يبين الشكل (١٩) رسماً تخطيطياً لدائرة تبين كيفية القيام بعملية التوصيل على التوازي للمولدين بطور وحيد . وقد حذفت دوائر الإثارة من الشكل لتسهيل التمثيل التخطيطي للدائرة . لنفرض أن المولد الموجود في الجهة اليسرى قائم بالعمل فعلاً وموصل بقضبان التوزيع ، وأن المولد بالجهة اليمنى هو المولد المطلوب توصيله على التوازي . تحدث عملية التزامن بإدارة المولد الموجود بالجهة اليمنى ، وضبط جهده بواسطة ريومترات المجال حتى يتساوى تماماً مع قيمة جهد المولد الموجود بالجهة اليسرى . ويتم التأكد من تطابق الأطوار وتساوى الجهد والتردد للمولدين بواسطة مصابيح يطلق عليها اسم مصابيح التزامن أو مصابيح الطور ، وهناك طريقتان لاختيار اللحظة المناسبة لتوصيل المولدين وإتمام عملية التزامن باستخدام :

(أ) مصابيح مطفأة .

(ب) مصابيح مطفأة وأخرى مضاءة .

(أ) استخدام مصابيح معلقة لعملية التزامن :

يوصل المصباحان على التوازي بملاسات مفتاح انكسبة المزدوج الذى يقوم بتوصيل المولد الموجود بالجهة اليمنى مع المولد القائم بالعمل كما هو مبين بالشكل . وعندما يتساوى جهد وتردد كل من المولدين ويتحدان فى الطور فإن مصباحى التزامن يظلا مضاءين ، وفى هذه اللحظة يمكن توصيل المولدين معاً على التوازي .

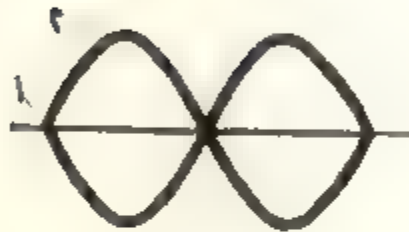


شكل ٢٠ :

رسم تخطيطى لجهدين مختلفين لمولدين

١ - التردد ف١

٢ - التردد ف٢



شكل ٢١ : جمع جهدين مختلفين لمولدين

١ - الجهد صفر ٢ - الجهد له قيمة لصوى

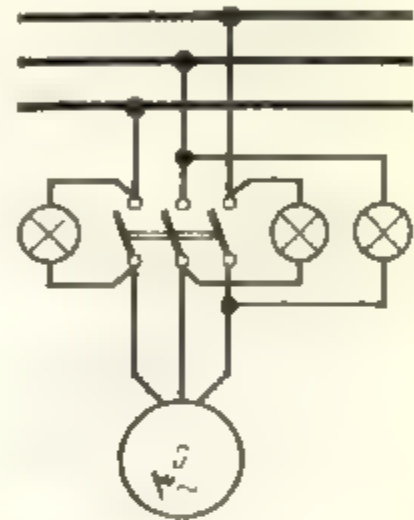
ولشرح أساس عملية التزامن بهذه الطريقة يمكن أن نرجع إلى الشكلين (٢٠) ، (٢١) ، حيث يبين الشكل (٢٠) رسماً تخطيطياً لجهدين مختلفين لمولدين تردد أحدهما ف١ وتردد الآخر ف٢ . وبجمع الجهدين فى أى لحظة من هذه الفترة الزمنية ، فإسما نحصل عن جهد الرنين المبين فى شكل (٢١) . ومن الشكل يتضح أن جهد الرنين الناتج من عدم تساوى الجهدين يؤدي إلى إضاءة مصابيح التزامن فى الوضع (٢) عندما يكون جهد الرنين أكبر ما يمكن ، وأنها تنطفئ عندما يكون صفر ، أى عند الوضع (١) . وعلى ذلك فإن اختلاف التردد يؤدي إلى توهج المصباحين عند الوضع (١) وانطفائهم عند الوضع (٢) بصفة دورية . كما أن اختلاف قيمة الجهد فى كل من المولدين أو عدم اتحادهما فى الصور يؤدي أيضاً إلى توهج المصباحين .

وللحصول على التزامن المطلوب بين المولدين يتم تغيير سرعة المولد الثانى حتى يتساوى جهد وتردد المولدين ويتحدان فى الطور ، وفى هذه اللحظة يستمر مصباح التزامن مضاء ، وعندئذ يمكن توصيل المولد الثانى على التوازي بالمولد الأول .

وبنفس الطريقة يمكن تشغيل مولد ثلاثى الأطوار على التوازي مع مولد ثلاثى الأطوار قائم بالعمل فعلاً باستخدام ثلاثة مصابيح تزامن (مصباح لكل طور)

(ب) باستخدام مصابيح مطفأة وأخرى مضاء لعملية التزامن :
هناك طريقة أخرى للتأكد من تزامن المولدات ثلاثية الأضوار وتوصيلها على التوازي بالشبكة باستخدام مصابيح مضاءة وأخرى مطفأة كما هو مبين بالشكل (٢٢) .

وفي هذه الحالة يمكن التأكد من تزامن المولدين إذ كانت المصابيح الموصلة على التوازي بلمست المصباح مطفأة وكانت المصابيح الموصلة على التفاض مضاءة . وللاستفادة من عملية التزامن ، فإنه يجب التأكد من أن المولد الجديد الموصل على التوازي يتحمل جزءاً من الحمل ، وذلك بإنقاص قوة دفع المولد الأول وزيادتها في المولد الثاني .



شكل (٢٢) كيفية توصيل المصابيح المضاءة والمصابيح المطفأة في عملية التزامن

(١٠) محطات توليد القدرة الكهربائية :

تولد الطاقة الكهربائية في محطات توليد القدرة الكهربائية بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية باستخدام المولدات السابق شرحها . وتصنف محطات توليد القدرة الكهربائية تبعاً لعدة أسس مختلفة .

وفيما يلي قائمة بأكثر التصنيفات شيوعاً :

١ - تصنيف المحطات تبعاً لمصادر الطاقة الأولية التي تدفع المحركات الأولية :

من المعروف أن المولدات الموجودة بمحطات توليد القدرة الكهربائية تدار بواسطة محركات أولية تدفع بمصادر طاقة من أنواع مختلفة . وتقسم المحطات في كثير من الأحيان تبعاً لنوع الطاقة التي تقوم بدفع المحرك الأول إلى :

(أ) المحطات الحرارية :

وهي المحطات التي يدار فيها المحرك الأول باستخدام الطاقة الناتجة من احتراق الوقود (فحم ، غاز ، بنزين . . . إلخ) .

(ب) المحطات الهيدروليكية :

وهي المحطات التي يدار فيها المحرك الأول بواسطة الطاقة الناتجة من اختلاف مستوى المياه في مكان ما من أي مجرى ، ماء من مجرى النهر مثلا .

(ج) المحطات الهوائية :

وهي المحطات التي يدار فيها المحرك الأول باستخدام تيار الهواء المناسب (لدفع صواحين الهواء) .

٧ - تصنيف محطات توليد القدرة الكهربائية تبعا لنوع الخدمة :

سبق أن بينا أنه يوجد بمحطات توليد القدرة الكهربائية مولدات تعمل بصفة مستمرة ، وأخرى تعمل في أوقات الذروة فقط ، أي تعمل على التوازي لنشارك في القيام بمجزء من الحمل المرائد في أوقات الذروة ، ونضيف هنا أن هناك محطات بأكثرها تعمل فقط في أوقات الذروة ، أو عند زيادة الحمل ، أو في أوقات معينة من السنة . وذلك تصنف محطات توليد القدرة بالنسبة لنوع الخدمة إلى :

(أ) محطات خدمة مستمرة :

وهي التي تعمل على حمل أساسي ثابت بصفة مستمرة .

(ب) محطات خدمة مؤقتة :

وهي المحطات التي تعمل وتوصل بصفة إضافية بالشبكة العامة أثناء فترات الذروة ، أو زيادة الحمل ، أو في أوقات معينة من السنة .

الباب الثاني

توليد الطاقة الكهربائية بالطرق الكيميائية (البطاريات)

(١١) الخلايا الجلفثانية (الأعمدة البسيطة) :

بين فيما سبق كيف تولد الطاقة الكهربائية بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية في محطات الطاقة الكهربائية . وهناك طريقة أخرى لتوليد الطاقة الكهربائية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية . وبالرغم من أن كمية الطاقة الكهربائية التي يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة الأخيرة أقل بكثير من كمية الطاقة الكهربائية التي يمكن الحصول عليها نتيجة لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، إلا أن طرق التوليد الكهركيميائي تعتبر ذات أهمية كبيرة جداً . ويطلق على وسائل تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية اسم « الخلايا الجلفثانية » .

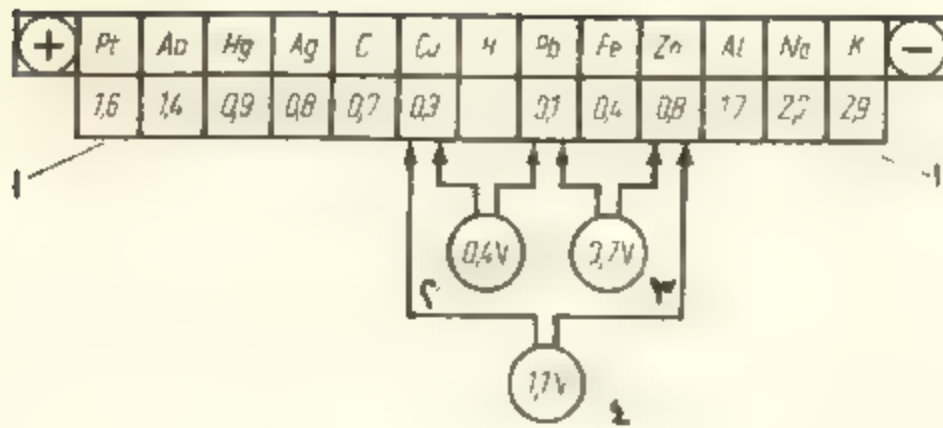
وتتكون الخلية الجلفثانية من معدنين مختلفين (أحدهما من البلاتين والآخر من الألومنيوم مثلاً) مغمورين في سائل إلكتروليقي له موصلية كهربائية معينة . وعند توصيل فلطمتري بين نهايتي التقصيبين الطاهرين فوق مستوى الالكتروليت فإنه يكشف عن وجود فرق في الجهد بين ابقصيبين . أي أن هناك قوة دافعة كهربائية متولدة نتيجة للتفاعلات الكيميائية في الخلية .

والسوائل الموصلة كهربائياً تسمى الالكتروليتات ، وأكثر هذه السوائل ذات طبيعة حمضية مثل حمض الكبريتيك المخفف بالماء . كما توجد أيضاً إلكتروليتات ذات طبيعة قلوية ، مثل هيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم .

(١٢) المتواليات الكهركيميائية :

أجريت عدة اختبارات على الكثير من المعادن لمعرفة مقدار القوة الدافعة الكهربائية (واختصارها ق.د.ك) التي يمكن أن تتولد عند غمس معدنين أو أكثر من الالكتروليت . وقد رتبتم المعادن في جداول تبيناً لتتائج هذه الاختبارات، أي طبقاً لكمية ق.د.ك بالعلط التحة بين كل عنصر أو معدن من هذه المعادن وبين الهيدروجين (العنصر غير الموصل الذي اتخذ كأساس مرجحي لعمليات المقارنة) .

وقد ميزت وحدات ق.د.ك بالقلط، أي بنظام المتر - الكيلوجرام - الثانية، لسهولة المقارنة . وهذا الترتيب الموضح بالجدول يعرف باسم « المتواليات الكهركيميائية » .



الشكل (٢٣) المتوالية الكهر كيميائية .

بلاتين (بلا)	وصاص (ر)
ذهب (ذ)	حديد (ح)
زئبق (ز)	زنك (غ)
فضة (ف)	ألومنيوم (لو)
كربون (ك)	صوديوم (ص)
هيدروجين (يد)	بوتاسيوم (بو)
١ - الجهد الأيونى للخلية	٢ - جهد الخلية وصاص - زنك = ٠,٧ فولط
٣ - جهد الخلية نحاس - وصاص = ٠,٤ فولط	٤ - جهد الخلية نحاس - زنك = ١,١ فولط

ويبين شكل (٢٣) المتوالية الكهر كيميائية وفي مركز الجدول نجد العنصر غير الموصل وهو الهيدروجين ، (ورمزه الكيمائى « يد ») وهو أساس المقارنة ، حيث أنه يقع بين العناصر الموجبة الشحنة والسالبة الشحنة .

ونجد على يسار الهيدروجين ، المعادن والكربون (ك) التى لها شحنة موجبة ، وعلى يمين الهيدروجين نجد المعادن ذات الشحنة السالبة . ولاستخدام الجدول لمعرفة جهد الخلايا الجلفائية إذا ما عرفت العناصر المستخدمة فيها ، يجب مراعاة الآتى :

الخلايا الجلفائية المصنوعة من عناصر لها نفس نوع الشحنة (مثل ++ أو - -) يمكن معرفة جهدها الكلى بطرح جهد أحد المعدنين من جهد المعدن الآخر . فالجهد الكلى للخلية التى استخدم فيها عنصران الرصاص والزنك يساوى (٠,١ - ٠,٨ = ٠,٧ فولط) أما الخلايا الجلفائية التى تتكون من عناصر لكل عنصر منها شحنته التى تختلف عن شحنة العنصر الآخر ، فإنه يمكن معرفة جهدها الكلى بجمع جهدى المعدنين المستخدمين فى الخلية . وعلى ذلك فإن الجهد الكلى لخلية استعمل فيها عنصران النحاس والزنك هو (٠,٣ فولط + ٠,٨ فولط = ١,١ فولط) . .

وتنقسم الخلايا الحلقائية إلى :

أولا : خلايا ابتدائية .

ثانيا : خلايا ثانوية .

أولا : الخلايا الابتدائية

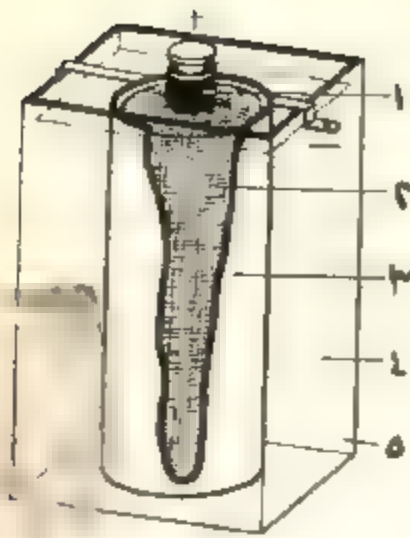
(١٣) تكوين الخلايا الابتدائية :

تتكون الخلايا الابتدائية من قطبين (الكترودين) من مادتين مختلفتين، مغمورين في سائل الكتروليتي يتفاعل مع أحدهما أسرع من الآخر ، وينشأ عن ذلك تولد قوة دافعة كهربائية يمكن قياسها بواسطة ثلطمتر يركب بين طرفي القطبين . وعند توصيل القطبين من الخارج ، يمر تيار كهربائي في لدائرة في اتجاه معين من أحد القطبين للآخر . وبمرور التيار تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية . ولا يحدث في الخلايا الابتدائية أى تفاعل كيميائي عكسي، أى أن هذه الخلايا لا تعود إلى حالتها التي كانت عليها قبل التفاعل إذا ما عكس اتجاه التيار فيها كما هي الحال في البطاريات الثانوية .

(١٤) الاستقطاب :

عند غمر قضيبين من معدنين مختلفين في لكتروليت بنفس الكيفية التي شرحناها فيما سبق ، فإنه يظهر عبر نهايتي القضيبين جهد يمكن قياسه ، وبعد زمن قصير نسبيا ، يبدأ هذا الجهد في الانخفاض تدريجيا حتى يصل إلى الصفر تقريبا . وعند رفع القضيبين من الكتروليت بعد ذلك نجد أنهما مغطيان بطبقة رقيقة من مادة ما . وتنتج هذه المادة من التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين القضيبين والإلكتروليت . وبعد تنظيف القضيبين تنظيفا تاما ووضعهما مرة ثانية في الإلكتروليت فإنهما يعيدان نفس الجهد السابق ، إلا أن هذا الجهد يبدأ في الانخفاض مرة ثانية حتى يصل إلى الصفر تقريبا ، وهكذا . وهذه العملية التي تؤدي إلى تغطية القضيبين بهذه المادة والتي تؤدي إلى استمرار انخفاض الجهد، تسمى « عملية الاستقطاب » . أما عملية تنظيف القضيبين، سواء تمت بطريقة ميكانيكية أو كيميائية فتسمى عملية إزالة الاستقطاب . ويوضح شكل (٢٤) رسما تخطيطي لخلية «لاكلاشي» وهي خلية زنك - كربون قصبها الموجب عبارة عن قضيب من الكربون يحيط به مسحوق من ثاني أكسيد المنجنيز داخل غلاف به ثقوب ، وقطبها السالب عبارة عن وعاء من الزنك . وتتميز هذه الخلية بأن جهدها ثابت لا يتناقص إلى الصفر بسرعة حيث أن وجود ثاني أكسيد المنجنيز حول قضيب الزنك يؤدي إلى تنظيف قضيب الزنك بطريقة كيميائية ، وإلى منع الاستقطاب الذي ينتج عنه الانخفاض الذي يحدث في جهد الخلية .

ولشرح عملية الاستقطاب وكيفية منه أو إزالته بطريقة كيميائية فإننا نشرح أولا « ظاهرة التأين » ، أي ظاهرة تكوين الأيونات ، وكذلك ظاهرة « التحليل الكهربائي » ، وهي الظاهرة المتعلقة بالتوصيل الكهربائي للتيار في المحاليل .



الشكل (٢٤) تصميم خلية زنك - كربون

- ١ - قضيب من الكربون
- ٢ - حليقة بها ثاني أكسيد المنجنيز
- ٣ - وعاء أسطوانى من الزنك
- ٤ - محلول إلكترولى من كلوريد الأمونيوم
- ٥ - وعاء من الزجاج

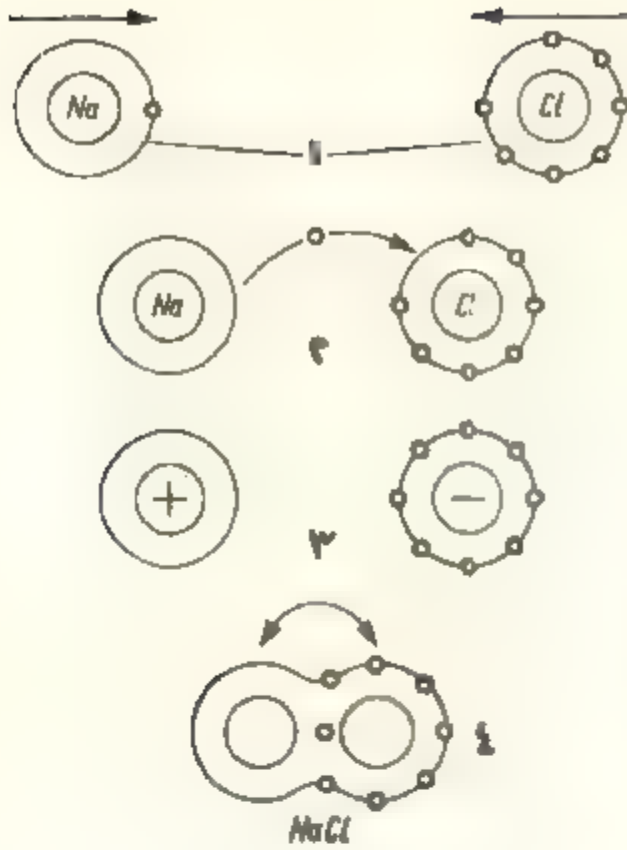
وفى هذا الصدد يمكن الرجوع إلى الجزء الأول لتعرف طبيعة الدرة المتعادلة وكيفية الشحنات وتعادلها وتكوين الأيونات باستخدام نموذج من ذرة الصوديوم .

(١٥) ظاهرة التأين وظاهرة التحليل الكهربائى :

ظاهرة التأين :

يمكن توصيف ظاهرة اكتساب أو إعطاء إلكترونات ، والتي يطلق عليها ظاهرة التأين باستخدام محلول ملح الطعام . يتكون ملح طعام من الصوديوم (ص) والكلور (كل) ، وهذا المركب يسمى كلوريد الصوديوم . ويوضح شكل (٢٥) (١) الإلكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية لكل من ذرة الصوديوم وذرة الكلور . فى الحالة (١) تكون الدرتان متعادلتين كهربائياً ، فإذا كانت المسافة بين الذرتين صغيرة فإن الإلكترون الوحيد الموجود فى المدار الخارجى لذرة الصوديوم ينتقل إلى المدار الخارجى لذرة الكلور ، كما فى شكل (٢٥) (٢) . وهذه العملية تؤدي إلى تغيير الحالة الكهربائية لكلا الذرتين ويصبح جسيم الصوديوم موجب الشحنة ، بينما يصبح جسيم الكلور سالب الشحنة ، انظر شكل (٢٥) (٣) . وتعرض الذرتان السابقتان - نتيجة لوجود شحنة كهربائية فى إحداها مضادة لشحنة الأخرى - لقوى تجاذب كهربائى متبادل تؤدي إلى تجميعهما فى جزئ ملح الطعام (ص كل) . هذا الاتحاد الكيميائى مشابه لكثير من عمليات الاتحاد الكيميائى المماثلة ، وتسمى هذه الظاهرة « الرابطة الكيميائية الكهربائى » ، فإذا أضيف ملح الطعام إلى الماء فإن هذا الملح يذوب فيه مكوناً محلولاً موصلًا للكهرباء .

وبالرغم من أن الماء المقطر النقى له مقاومة نوعية عالية (بين ٣١٠ ، ٥١٠ أوم / م) وهذا يعنى أن الماء النقى ليس موصلًا للتيار الكهربائى - إلا أن التوصيل الكهربائى للمحلول يرجع إلى تحلل جزئيات الملح إلى جسيمات « موجبة » من الصوديوم وجسيمات سالبة من الكلور . وتسمى هذه الظاهرة باسم « التأين » . ويوضح الشكل (٢٥) (٣) هذه الظاهرة .



الشكل (٢٥)

تكون جزئ كلوريد الصوديوم

- ١ - ذرات الصوديوم والكلور - وفيها يظهر وضع الإلكترونات في المدار الخارجى .
- ٢ - انتقال أحد الإلكترونات من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور .
- ٣ - جسم الصوديوم بعد انتقال الكترون منه وتحويله إلى شحنة موجبة، وجسم الكلور بعد انتقال إلكترون إليه وتحويله إلى شحنة سالبة.
- ٤ - جزئ كلوريد الصوديوم الناتج بفعل التجاذب الكهربى بين الشحنة السالبة والشحنة الموجبة .

وحيث أن الإلكترون الذى سبق أن انتقل من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور ، لا يرجع إلى مكانه الأصل ، فإن هذا يعنى أن جسم الصوديوم يحمل شحنة كهربائية موجبة ، أى يصبح « أيون موجب » وأن جسم الكلور يحمل شحنة كهربائية سالبة ويصبح « أيون سالب » وتحدث هذه الأيونات أو الشحنات الكهربائية بتأثير الذوبان ، ولا دخل لتيار الكهرباء فى حدوثها . ويمكن التعبير عن ظاهرة التأين بالمعادلة التالية :



- ظاهرة التحليل الكهربائى :

يمكن تلخيص ظاهرة التحليل الكهربائى بأن بعض حزيئات المادة تنقسم فى المحلول إلى شطرين يحمل أحدهما شحنة موجبة ويحمل الثانى شحنة سالبة كما سبق أن بينا فى ظاهرة التأين . إذا تعرض هذا المحلول لفرق جهد تندفع الشحنة الموجبة إلى الكاثود وتندفع الشحنة السالبة إلى الأنود ، حيث يفقد كل منهما شحنته ويتبادل آخذا الصفة المألوفة لمادته . وعندما يترسب على الإلكترونات فإنه يتفاعل معه أحيانا أو يتفاعل مع ماء المحلول مكونا ذرات متعادلة، وتسمى هذه الظاهرة الأخيرة باسم « التحليل الكهربائى » .

— منع الاستقطاب وإزالته :

بعد معرفة ظاهرة انفصال الشحنة الكهربائية وتكون الأيونات يمكن تقسيم كيفية حدوث الاستقطاب وطرق منعه وإزالته باستخدام خلية الزنك-كربون بالكتروليت من كلورود الأمونيوم كما يلي :

إذا غمس قضيبين أحدهما من الزنك والآخر من الكربون في محلول من كلورود الأمونيوم، فإن تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، يبدأ بمجرد غلق الدائرة الخارجية (أى توصيل جزئى القضيبين الظاهرين) .

ويتحول الكتروليت فتتجه أيونات الهيدروجين السالبة إلى الأنود الكربونى ، بينما تتجه أيونات الأكسجين الموجبة إلى الكاثود الزنك ، ويقوم الغازان بتغطية كل من الأنود والكاثود بطبقة رقيقة من الغاز . وكلما زادت تغطية الكاثود والأنود بالغاز ، يزداد عرقل عن الكتروليت المحيط بهما مما يؤدي إلى انخفاض جهد الخلية نتيجة لزيادة مقاومتها الداخلية . وهذه الظاهرة تسمى « الاستقطاب العادى » .

وبالإضافة إلى الاستقطاب العادى الذى يحدث في خلية الكربون - الزنك توجد ظاهرة أخرى نتيجة لهذه العملية ، وهى تكون خلية ثانوية - هى خلية الهيدروجين - الأكسجين وهذه الخلية لها أقطاب مضادة لخلية الكربون - زنك . وهذا يعنى أن التيار الأيونى لخلية الهيدروجين - الأكسجين له اتجاه عاكس اتجاه تيار خلية الكربون - زنك . وهذه العملية التى تحدث لأقطاب الخلية الجلفانية بعد توصيل قطبيها من الخارج ، تسمى عملية « الاستقطاب الكتروليتى » . ولمنع الاستقطاب يجب التخلص من الهيدروجين المتكون .

وللتخلص من الاستقطاب الحادث في خلية « لكلاشي » ، يستخدم مسحوق من ثاني أكسيد المنجنيز (م أ ٢) وبعض المواد الأخرى، توضع في الوعاء المحيط بقضيب الكربون . ويكون لثاني أكسيد المنجنيز قدرة على إخراج كمية كافية من الأكسجين الذى يتحد كيميائيا مع الهيدروجين قبل وصوله إلى الأنود . ويقوم الأكسجين الذى يصل إلى الكاثود تدريجيا بتحليل قضيب الزنك ليدخل ضمن الكتروليت . وبذلك نمنع عملية الاستقطاب .

وفي بعض الأحيان يستخدم الأكسجين الموجود في الجو ، بدلا من مسحوق ثاني أكسيد المنجنيز ، لمنع عملية الاستقطاب . وفي هذه الحالة يحاط بقضيب الكربون بمسحوق من الفحم الناقى النشط ، القادر على جذب الأكسجين الجوى ليتحد كيميائيا بهيدروجين الناتج ، مكونا ماء وذلك قبل أن يصل إلى الأنود .

(١٦) الخلايا الابتدائية الشاملة الاستعمال :

أدى التقدم التكنولوجي السريع في السنوات الأخيرة إلى إدخال الكثير من التحسينات على الخلايا الابتدائية . ويوجد حاليا سلسلة من الخلايا الابتدائية المستخدمة في الأغراض الخاصة والأغراض العامة ، مثل :

(أ) خلايا الزنك - أول أكسيد المنجنيز بالكتروليت كلورور الأمونيوم :

يُطْلَى استخدام الأعمدة السائلة التي يطابق تصميمها إلى حد كبير خلية « لكلافنشي » الموضحة بالشكل (٢٤) ، وحل محلها البطاريات الجافة من هذا النوع والتي راد الإقبال عليها بدرجة كبيرة . وقد استُغْنِيَ بها عن محلول كلورور الأمونيوم السائل بمجينة مكونة من كلورور الأمونيوم مع نشارة الخشب والصمغ أو الهلام . وتتميز المجينة عن السائل بتأسيك قوامها بحيث يمكن استخدام البطارية في أي وضع ونقلها بسهولة إلى أي مكان .

يُصِيبُ مثل هذه الخلايا الابتدائية قصر وقت تخزينها ، حيث أن قصيب الزنك يتآكل ويتحلل حتى بدون غلق الدائرة الخارجية ، أي حتى بدون استعمال الخلية

وقد أدخلت بعض التحسينات على تصميم الخلايا باستخدام الأكسجين الجوى ، وفي هذا النوع من الخلايا لا تفتح الممرات الهوائية التي تسمح بمرور الهواء إلى الكربون النشط ، إلا عند استخدام الخلية فقط ، وذلك لإطالة عمر تخزينها .

(ب) خلايا الزنك - أول أكسيد المنجنيز بالكتروليت قلوى :

يُصِيبُ كلورور الأمونيوم المستخدم في الخلايا الابتدائية أحد العوامل المدمرة للزنك . ويمكن تحسين خواص تخزين هذه الخلايا ومنع تآكل الزنك باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم بدلا من كلورور الأمونيوم . وقد أدى هذا أيضا إلى زيادة قدرة خرج هذه الخلايا خاصة في درجات الحرارة المنخفضة (حوالى - ٤٠°م) . لذلك يمكن استخدامها في المناطق الباردة (القطب الشمالى أو اجنوبى) . ويفضل استخدام البطاريات ذات الإلكتروليت القلوى بدلا من الخلايا الابتدائية العادية في الأحوال التي تتطلب فيها تشغيل البطاريات على الأحوال القصوى وفترات طويلة .

(ج) خلايا الزنك - أكسيد الزئبقوز :

يُصِيبُ من استخدام خلايا الزنك - أول أكسيد المنجنيز ، انخفاض كفاءتها عند تشغيلها في درجات الحرارة المرتفعة . وذلك نظرا لزيادة التفريغ الذاتي عند درجة الحرارة ٤٥°م ، مما يجعل استخدامها في المناطق الحارة غير اقتصادى . ويفضل في هذه الأحوال استخدام خلايا الزنك - أكسيد الزئبقوز ، وذلك نظرا لكفاءتها العالية وصغر حجمها وخفة وزنها وقدرتها على العمل في درجات الحرارة العالية .

وتتميز هذه الخلايا بكفاءة تشغيل عالية عند درجات حرارة حتى ٥٥° م ، مع إمكان استخدامها لفترات صغيرة عند درجة حرارة ١٠٠° م . ويعيب هذه الخلايا :
ارتفاع ثمنها نتيجة لارتفاع أثمان الخامات المستخدمة فيها ولتصميمها المعقد . هذا بالإضافة إلى الصعوبات المتعلقة بإحكام تغليفها وإغلاقها ، حيث أن تسرب الغاز يؤدي غالب إلى تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تدمير الخلية .

(د) خلايا الوقود :

سبق أن بينت عند التحدث عن الاستقطاب ، أن هناك خلايا ثانوية تتكون من الهيدروجين - الأكسجين داخل خلايا الزنك - كرميوم ، ويكون خلية الهيدروجين - أكسجين نفسميزات وخواص أية خلية جلفانية . كما بينت أن هناك ظاهرة أخرى تلعب فيها الغازات دورا هاما في الخلية الجلفانية، وهو تأكسد الهيدروجين في الخلية نتيجة لاستخدام الأكسجين الجوي . وفي أواخر القرن الماضي فكر « أوزوالد » في استخدام ايمارت أو السوائل الغريبة للاشتغال في صناعة خلايا الوقود ، بدلا من استخدام الكربون أو المعادن التقليدية أو أكسيدها في صنع الخلايا العادية . وبعد حوالي ٧٠ سنة تقريبا من فكرة « أوزوالد » هذه ، اتخذت الإجراءات الأولية لإنتاج أول خلية وقود ، وقد أطلق عليها اسم « بطاريات الوقود شبه الصناعية » لتدل على مصدر الخامات التي تصنع منها هذه البطاريات .

ومن الناحية الاقتصادية لم تصل بطاريات الوقود المنتجة حاليا إلى المستوى الذي يمكن مقاومته مع البطاريات العادية ، حيث أن تكاليف توليد طاقة كهربائية معينة بواسطة البطاريات التقليدية أقل من تكاليف توليد نفس الطاقة بواسطة بطاريات الوقود ، وذلك لارتفاع أثمانها للأسباب التالية :

- ١ - إن خواص الخامات المستخدمة في صنع الأنود والكاثود لبطاريات الوقود تختلف تماما عن خواص خامات الأنود والكاثود في البطاريات التقليدية .
- ٢ - إن خلايا الوقود تحتاج إلى أغلفة صامدة لارتفاع درجات الحرارة وللانفجار .
- ٣ - إنه يلزم لبعض بطاريات الوقود التي تعمل تحت ضغوط جووية عالية ، مضخات ووسائل لقياس الضغط والتحكم فيه .

وفيما يلي وصف مرجز لبطارية أكسجين - هيدروجين صمها « باكون » ، وهي نوع من البطاريات التي تعمل في درجات الحرارة المتوسطة .

تصنع أقطب هذه البطارية من مسحوق النيكل على هيئة قشور ، والإلكتروليت المستخدم فيها محلول من هيدروكسيد البوتاسيوم (٢٨٪ بوتاسيوم) . ويستخدم فيها الهيدروجين كوقود

والأكسجين كوكسيد ، ويدأ فيها الاحتراق عند ضغط يساوى ٢٧ ضغطا جويا، وعند درجة حرارة ٢٠٠° م .

وتعطي هذه البطارية جهدا قدره ٣٢ فلت، وقدرة خرج في حدود ٥ كيلوات . وقد اجتازت هذه البطاريات إختبارات الأداء بكفاءة عالية حيث استخدمت لمدة تزيد على عام . ويمكن اعتبارها بطارية مثالية لمخدمة الطويلة ، بصرف النظر عن المشكلات الحادثة الأخرى، مثل ارتفاع تكاليف المعدات والمواد المستخدمة في إنتاجها .

وبخلاصة القول أن بطاريات الوقود مارالت في بداية عهدها . وأن إنتاجها الذي يتم حاليا على مستوى محدود ، يبشر بأنها ستكون في المستقبل مصدرا مهما من مصادر الطاقة ، وخاصة إذا أمكن إنتاجها بطريقة اقتصادية .

(١٧) تصنيف البطاريات الابتدائية التجارية :

فيما يلي مسح للبطاريات التجارية المستخدمة في الأغراض العامة :

نوع الخلية	الجهد المقنن	استعمالها
الخلية القضيية (الخلية ذات القضيب الواحد) الشكل ٢٦	١,٥ فلت	تستخدم في عمليات الإنارة، وفي مصابيح الإنارة التي توضع في الجيب، وفي أجهزة الراديو الترانزستور وبطاريات الشحن ومصابيح التوميز المستخدمة في التصوير ومصدرا لتغذية لعب الأطفال بالكهرباء .
بطارية مصباح الإنارة الشكل ٢٧	٣,٠٠ فلت	تستخدم في مصابيح الإنارة التي توضع في الجيب .
البطارية المسطحة (المبطلة) الشكل ٢٨	٤,٥ فلت	تستخدم في مصابيح الإنارة التي توضع في الجيب ، ومصدرا لتغذية في لعب الأطفال .
البطارية الأنودية الشكل ٢٩	٢٢,٥ فلت	تستخدم كمصدر لتغذية أجهزة السمع .
البطارية الأنودية الشكل ٣٠	٨٥ فلت	تستخدم مصدرا لتغذية أجهزة الراديو (ويمكن الحصول عليها أيضا بجهد ٧٥ فلت ، ٦٧,٥ فلت)
البطاريات المستخدمة في الصناعة . الشكل ٣١	١,٥ فلت	تستخدم في مجالات مختلفة كمصدر لتغذية أجهزة الأمان .

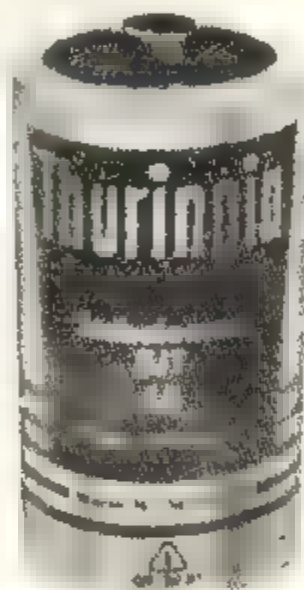
وبجانب ذلك توجد بطاريات قضيية لأجهزة الراديو الترمستور الصغيرة ، وبطاريات على شكل صندوق لعمليات الفلاحة بالكهرباء ، وبطاريات على هيئة أزرار تستخدم في الساعات اليدوية التي تعمل بالكهرباء .

وتبين الأشكال (من ٢٠ إلى ٣١) أنواع مختلفة من البطاريات التجارية

ملحوظة : يراعى ما يلى فى البطاريات الابتدائية التجارية المستخدمة فى الأغراض العامة :

- ١ - أن ترقم البطاريات الأولية المستخدمة فى الأغراض الصناعية والتجارية بالجهد المقنن .
- ٢ - الإقلال من استخدام البطاريات التى يزيد جهداها عن ١,٥ فلت فى الأغراض العامة بسبب ارتفاع أثمان الخامات المستخدمة فيها .
- ٣ - التأكد من جهد وحجم وسعة البطارية عند استخدامها أو عند توصيلها ببطارية أخرى .

الشكل (٢٦) خلية وحيدة



الشكل (٢٧)
بطارية مصباح الجيب .



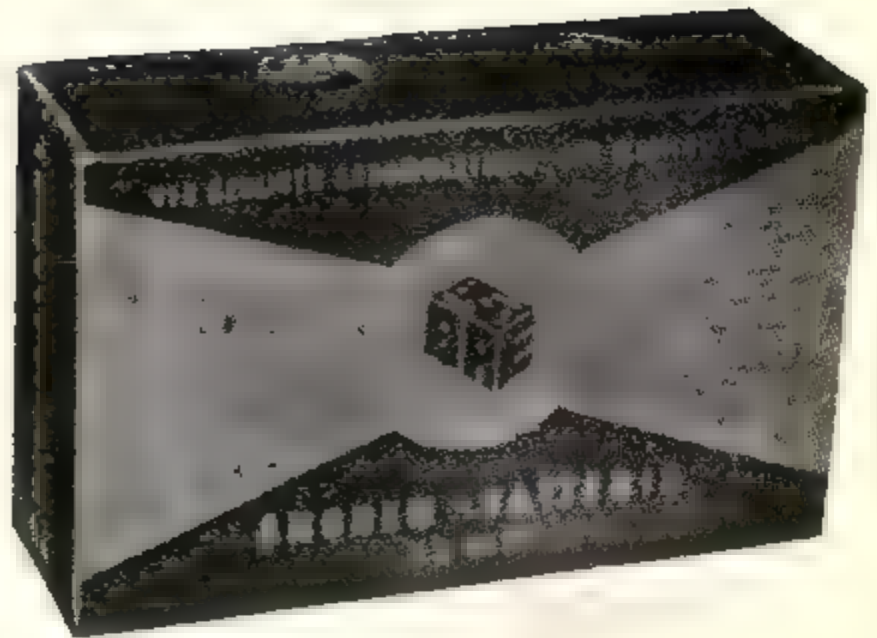
الشكل (٢٩) بطارية أنودية
٢٢,٥ فلت



الشكل (٢٨) بطارية مبطنة .



الشكل (٣١) بطارية صناعية



الشكل (٣٠) بطارية أولية
٨٥ فط

(١٨) طرق توصيل البطاريات :

توصل البطاريات لأولية عادة للحصول على جهد أكبر من جهد خلية واحدة أو تيار أكبر من تيار خلية واحدة .
وفيما يلي وصف مبسط لطرق توصيل الخلايا الابتدائية أو الثانوية مع بعضها البعض :

(أ) توصيل البطاريات على التوالي :

قد يحتاج تشغيل جهاز كهربائي إلى جهد أكبر من جهد خلية واحدة من الخلايا المتوفرة في السوق ، لذلك يلزم توصيل عدة خلايا من هذا النوع على التوالي كما هو موضح في الشكل (٣٢) .

الشكل (٣٢) كيفية توصيل الخلايا على التوالي

ج كـ = ن جـ ح
حيث جـ كـ = الجهد الكلي للبطارية (الجهد الكلي
لجميع البطاريات الموصلة على التوالي)
جـ ح هو الجهد الخارج من كل خلية
، ن عدد الخلايا الموصلة على التوالي

مثال :

جهاز ترانزستور يعمل على جهد ١٠ فلت ، ومجهز ليعمل بطاريات على هيئة أزرار جهد ١,٢ فلط ، ويقدر المقد في الجهد في هذا الجهاز بجواري ٥٪ ف عدد الخلايا المطلوبة من هذا النوع .

المعطيات :

جهد الجهاز ج = ١٠ فلط .

جهد البطارية ج_ب = ١,٢ فلط

فقد = ٥٪

الحل :

$$\text{الفقد في الجهد الكلي} = \frac{١٠ \text{ فلط} \times ٥}{١٠٠} = ٠,٥ \text{ فلط}$$

$$\text{الجهد الكلي ج_ك} = ١٠ \text{ فلط} + ٠,٥ \text{ فلط} = ١٠,٥ \text{ فلط}$$

الجهد الكلي = جهد خلية واحدة \times عدد الخلايا

$$\text{الجهد الكلي} = \text{ج_ب} \times \text{ن} \quad \therefore \frac{\text{ج_ك}}{\text{ج_ب$$

المطلوب ٩ خلايا .

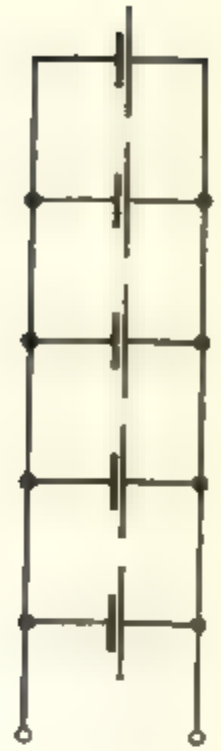
(ب) توصيل البطاريات على التوازي :

إذا احتاج تشغيل جهاز كهربائي إلى تيار أكبر من التيار المقنن لخلية واحدة من الخلايا المتاحة في السوق ، فيمكن الحصول على التيار المطلوب بتوصيل عدة خلايا من هذا النوع على التوازي .

وبين شكل (٣٣) خمس خلايا موصلة على التوازي . ويمكن اعتبارها خمس مقاومات متصلة على التوازي لتمثيل حساب علاقات التيار في دائرة البطاريات الموصلة على التوازي وتبسيطها . وقد بنيت جميع الحسابات على أساس تيار قصر الدائرة للخلية حتى يمكن تطبيق قانون « كرشوف » عليها في هذه الحالة .

مثال :

خلية جهدها ١,٥ فلط ومقاومتها الداخلية م = ٠,٥



الشكل (٣٣) كيفية توصيل الخلايا على التوازي

$$\therefore I = \frac{E}{R} = \frac{1.5}{0.5} = 3 \text{ أمبير}$$

فإذا كانت الخلية مقصورة الدائرة فيسمر بها تيار شدته ٣ أمبير .

ولنفرض أن جميع الخلايا موصلة على التوازي ، كما هو مبين بالشكل (٣٣) وأن المقاومة الداخلية مقدارها 0.5Ω ، فن الممكن تمثيل الدائرة بخمس مقاومات متساوية متصلة على التوازي .

$$\therefore \text{المقاومة الكلية للدائرة} = \frac{\text{قيمة إحدى المقاومات بالأوم}}{\text{عدد المقاومات}} = \frac{0.5}{5} = 0.1 \Omega$$

أي أن المقاومة الكلية للدائرة المكونة من خمس خلايا موصلة على التوازي تساوي 0.1Ω وحيث أن الجهد الكلي E في حالة توصيل الخلايا على التوازي يكون مساويا لجهد خلية واحدة :

$$\therefore I = \frac{E}{R_{\text{كل}}}$$

$$I = 1.5 \text{ أمبير}$$

أي أنه في حالة توصيل الخلايا الأولية على التوازي تكون شدة التيار الكلي المار في أطراف الدائرة مساوية لمجموع شدة التيارات المارة في البطاريات الموصلة على التوازي

ثانيا : الخلايا الثانوية (المراكم أو خلايا التخزين) :

يطلق هذا الاسم على الخلايا التي تحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، وتبقى فيها الطاقة الكهربائية مخزنة على هيئة طاقة كيميائية إلى أن يسحب منها التيار عند الحاجة . وتتميز هذه الخلايا بإمكان حدوث تفاعلات عكسية فيها لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية مرة أخرى . أى أن مرور التيار في الاتجاه العكسي يؤدي إلى إعادة الخلية إلى حالتها الأصلية ، ويتم تخزين الكهرباء فيها مرة ثانية . والخلايا الثانوية يطلق عليها أيضاً اسم «خلايا التخزين» أو «المراكم» لما تتميز به من خاصية تخزين الطاقة الكهربائية .

ويوجد مجموعتان من بطاريات التخزين :

(أ) بطاريات الرصاص الحمضية .

(ب) بطاريات النيكل الفلوية .

وهذا التصنيف ينشأ على أساس الخامة التي يصنع منها الأنود في هذه البطاريات ، أو على أساس الإلكتروليت المستخدم في كل منهما .

(١٩) بطاريات الرصاص الحمضية :

يطلق على بطاريات الرصاص الحمضية اسم « مراكم الرصاص » أو « المراكم الحمضية » ، وتتكون من وعاء به فتحات لخروج النهايات ، وفتحات أخرى لتوصيل الخلايا ، التي تحتوي عليها البطارية ، بعضها ببعض على التوالي .

كما يوجد بالوعاء فتحات أخرى لملء خلايا البطارية . وتنفق هذه الفتحات الأخيرة بإحكام بواسطة سدادات لولبية . ويوجد بداخل الوعاء ، الأقطاب ، والإلكتروليت . ويصنع الوعاء عادة من مادة مقاومة للأحماض (مثل الزجاج أو المطاط الناشف أو السيراميك) ، أما الأقطاب فتصنع من ألواح من الرصاص الناشف . وهذه الألواح تكون على هيئة شبكة مثقبة تسمح بمرور الإلكتروليت خلالها ، ويفعل سطحها بمعجينة من كبريتات الرصاص (ركب ١) وهذه المعجينة هي المادة الفعالة التي تطل بها الألواح ، بحيث تزيد من مساحة السطح الفعال للوح بدرجة كبيرة . ويبين الشكل (٣٤) تمثيلاً تخطيطياً لأحد هذه الألواح . وأما الإلكتروليت فهو عبارة عن حمض الكبريتيك المخفف .

وتتكون كل خلية من خلايا الرصاص النقي المستحقة في العربات وفي إضاءة المصابيح من عدة ألواح من الرصاص لها نفس الخواص التي سبق شرحها ، وتوصل فيها الألواح معا على التوازي ، ويفصلها عن بعضها البعض ألواح عازلة من البلاستيك ، تمنع التلامس بين الألواح الرصاص عند انبعاثها نتيجة لارتفاع درجة حرارة البطارية أثناء التشغيل . ويراعى عند وضع

الواح الرصاص في البطارية . ترك فراغ بسيط بين نهايتها اسفل وبين قاع الوعاء وذلك لضمان عدم حدوث تلامس بين نهايات الألواح مع بعض البعض ، أو بينها وبين قاع الوعاء عن طريق نفثات المواد الموصلة التي قد تتناثر وتتراكم في قاع الوعاء أثناء عملية تشغيل البطارية . وتصمم بطاريات الرصاص حاليا بحيث تحتوي كل بطارية على حجرات منفصلة يكون عددها عادة ثلاثة أو مصاعفات لهذا العدد . وتحتوي كل حجرة منها على خلية واحدة جهدها ٢ فـ ٢ . وتوصل هذه الخلايا عادة على التوالي . ومن الممكن حساب عدد الخلايا الموجودة في البطارية عن طريق عدد الفتحات الخاصة بملء الخلايا .

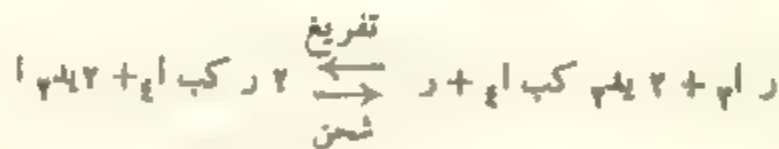
(٢٠) حالة الشحن وحالة التفريغ لبطاريات الرصاص :

١ - حالة التفريغ :

إذا نمر لوحان مطليين بكبريتات الرصاص ، من نفس النوع الذي سبق وصفه ، في سائل إلكتروليتي يتكون من الماء المقطر وحمض الكبريتيك ، ووصل الطرفين الظاهريين هذين اللوحين بدائرة خارجية ، فلن يمر بالدائرة أي تيار كهربائي ، لأن المواد التي تتركب منها أقطاب الخلية متشابهة . لذلك لا يحدث بين القطبين أي فرق في الجهد . وتوصف لبطارية في هذا الوضع « بأنها في حالة تفريغ » . وتورد البطاريات عادة وهي على هذه الحالة قبل شحنها . ويوضح شكل (٣٥) حالة التفريغ هذه .

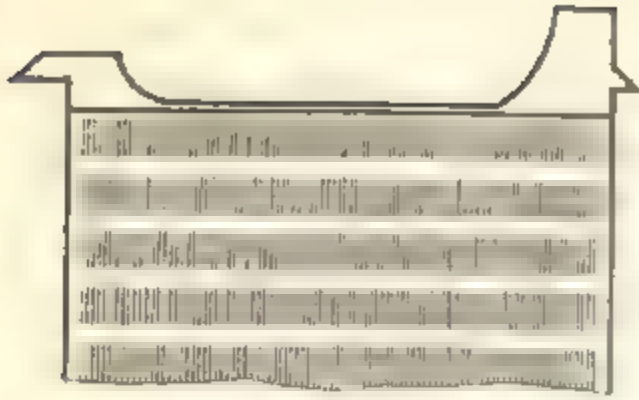
حالة الشحن :

عند تسليط تيار مستمر على الخلية السابقة ، فإن اللوح أو القطب المتصل بالنهاية السالبة للتيار المستمر يتحول من كبريتات الرصاص (ركب ا) إلى رصاص أسفنجي (ر) ، بينما يتحول اللوح أو القطب المتصل بالنهاية الموجبة للتيار المستمر إلى فوق أكسيد الرصاص (ر ا) .

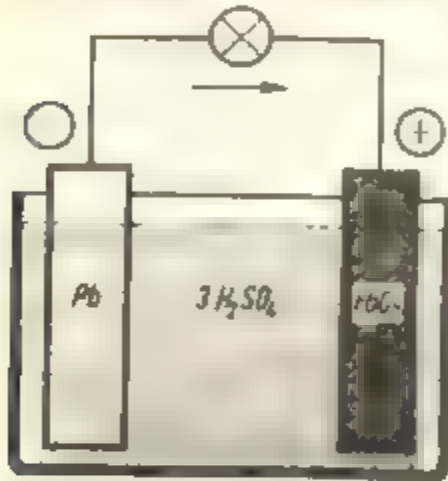


ويلاحظ أن عملية الشحن تؤدي إلى زيادة تركيز حمض الكبريتيك في السائل الإلكتروني ، لأن الحمض المتبقى من كبريتات الرصاص يتحد مع الهيدروجين الموجود في الماء ، مكونا حمض كبريتيك فيؤدي ذلك إلى زيادة كثافة السائل (انظر شكل ٣٦) .

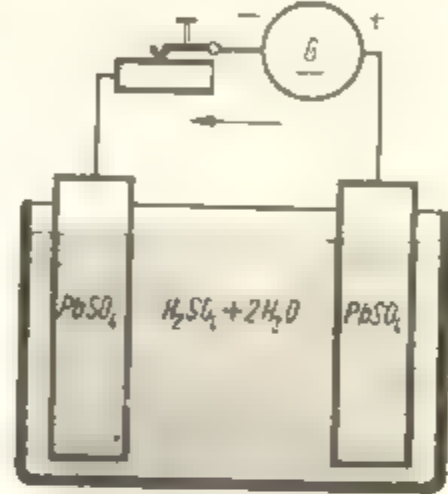
وبعد إتمام الشحن تصبح البطارية مواصفات الخلية الجلفانية التي سبق شرحها ، أي يصبح لكل لوح من لوحى البطارية المغمورين في السائل الإلكتروني تكوين ومواصفات تختلف من حيث التوصيل الكهربائي عن اللوح الآخر ، أي يصبح بينهما فرق في الجهد الكهربائي .



الشكل (٢٤) لوح ذو سطح عريض
مستخدم في صنع البطاريات الحمضية .



الشكل (٢١) بطارية تخزين في حالة شحن



الشكل (٣٥) بطارية تخزين في حالة تفريغ

وعند غلق الدائرة الدرجية ومرور التيار فيبدأ عمدة أخرى عكس العملية السابقة . حيث يتفاعل لوح الرصاص الإسفنجي المتصل بالقطب الموجب مع الحمض ، بحيث يصبح هذا اللوح كبريتات رصاص ، كي يتفاعل لوح فوق أكسيد الرصاص المتصل بالقطب السالب مع الحمض بحيث يصبح هذا اللوح أيضا كبريتات رصاص ، وعنده ذلك تتشبه طبيعة اللوحين وتصبح البطارية «فرغة» أي «في حالة تفريغ» . وتقل كثافة السائل الإلكتروليتي . وعنده يجب شحن البطارية .

(٢١) تصنيف بطاريات الرصاص التجارية :

نمل شرح بطاريات الرصاص المستخدمة في الأغراض العامة : المتحة في الأسواق ، يفضل تصنيفها لمعرفة أنواعها وطرق استخدامها . وتصنف بطاريات التخزين عادة إما تبعا لطرق تركيبها ووضعها في المعدات ، أو تبعا للغرض من استخدامها ، أو تبعا لشكلها .

١ - تصنيف بطاريات التخزين تبعاً لطرق تركيبها ووضعها في المعدات :

(أ) بطاريات ثابتة .

(ب) بطاريات نقلي .

٢ - تصنيف البطاريات تبعاً للغرض من استخدامها :

(أ) بطاريات رفع الطاقة (وتسمى بطاريات عائمة) .

(ب) بطاريات لتغذية الطاقة الكهربائية في حالات الطوارئ .

(ج) بطاريات لتغذية وسائل التحكم والإنذار بالقدرة اللازمة .

(د) بطاريات لتغذية وسائل التحكم والإنذار في الترددات العالية بالقدرة اللازمة

(هـ) بطاريات لتغذية الطاقة الكهربائية للأغراض الطبية .

(و) بطاريات للمركبات .

(ز) بطاريات لعملية بدء التشغيل .

(ح) بطاريات لعملية الدفع .

(ط) بطاريات للإنارة .

٣ - تصنيف البطاريات تبعاً للشكل :

(أ) بطاريات منشورية الشكل .

(ب) بطاريات قائمة .

(ج) بطاريات أفقية .

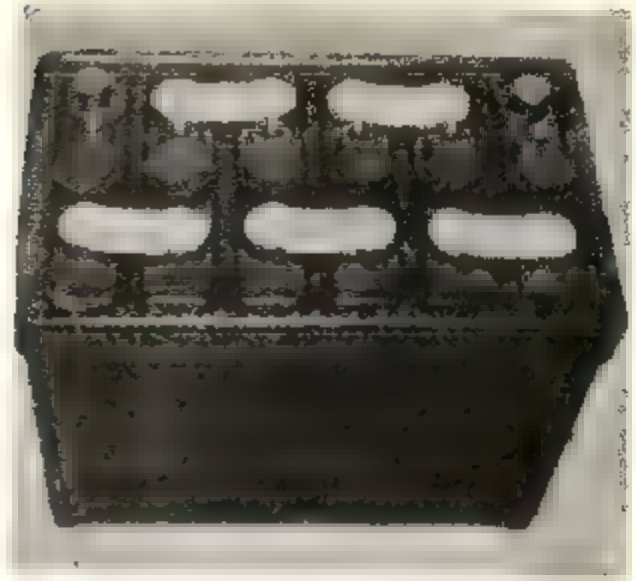
(د) بطاريات حل شكل زرار { توجد مثل هذا الخلايا في المراكم

(هـ) بطاريات دائرية الشكل { البكل - كاديوم .

وهناك بعض بطاريات التخزين التجارية الخاصة ولكنها قليلة ، ومنها :

نوع الخلية التي تتكون منها البطارية	السعة
خلية وحيدة في وعاء زجاجي (شكل ٣٧)	من ٣٦ إلى ٧٢٠ أمبير ساعة
خليتان في وعاء زجاجي	من ٥٧٦ إلى ١٤٤٠ أمبير ساعة
خلية وحيدة في وعاء لا يتأثر بالحمض	من ٧٢٠ إلى ٤٤٦٤ أمبير ساعة
بطاريات بدء الحركة (شكل ٣٨)	٨ أمبير ساعة بجهد ٦ فولت أو ٥٦ أمبير - ساعة إلى ١٨٠ أمبير - ساعة بجهد ٦ فلف
	أو ١٢ فلف .
بطاريات موضوعة في صناديق حديدية	٨٠ أمبير - ساعة بجهد ٤٠ فلف إلى ٣٠٠
تستخدم لدفع العربات الكهربائية	أمبير / ساعة بجهد ٢٠ فلف
بطاريات موضوعة في صناديق خشبية تستخدم لدفع العربات الكهربائية	١٣٢ أمبير - ساعة بجهد ٨٠ فلف إلى ٢٥٠ أمبير - ساعة بجهد ٤ فلف

الشكل (٣٧) حلية وحيدة موضوعة في إناء زجاجي



الشكل (٣٨) بطارية تخزين مستخدمة لإدارة المحرك الكهربائي للسيارة (المارش) المستخدم في عملية بدء التشغيل .

(٢٢) بطاريات التخزين القلوية أو مراكم النيكل القلوية :

يطلق على بطاريات التخزين القلوية في كثير من الأحيان « المراكم القلوية » أو « مراكم النيكل » . ويتكون المراكم من وعاء بغطاء محكم يحوى الأقطاب والإلكتروليت . ويصنع الوعاء والغطاء عادة من ألواح الحديد المطلية بالنيكل . وتتم التوصيلات الخاصة بالأقطاب إلى خارج الوعاء خلال جلب ممزولة محكمة . ويتكون القطب الموجب أو الأنود في المراكم القلوية من لوح من الحديد المنكل ، مثقب على هيئة شبكة ، ومنطى بطبقة من عجينة هيدروكسيد النيكل (ن) (يد ا) Ni(OH)_2 وهى المادة الفعالة للقطب الموجب . أما القطب السالب فهو عبارة عن لوح مثقب من الحديد المنكل ، ومنطى بطبقة من عجينة هيدروكسيد الحديد (ح) (يد ا) Fe(OH)_2 وهى المادة الفعالة للقطب السالب . أما الإلكتروليت فهو هيدروكسيد البوتاسيوم .

(٢٣) حالة الشحن وحالة التفريغ للبطاريات القلوية :

١ - حالة الشحن :

تشحن البطاريات القلوية ليتحول القطب الموجب من هيدروكسيد النيكل إلى فوق أكسيد النيكل ، ويتحول القطب السالب من هيدروكسيد الحديد إلى حديد .



الشكل (٣٩) قطاع لمركم قلوى من النيكل -
حديد ، تظهر فيه الأجزاء الداخلية للمركم .

ويمكن التعبير عن عملية الشحن بالمعادلة الآتية :

القطب السالب + الإلكتروليت + القطب الموجب .

ح + بوريد ١ + يد ٣ + ١ + ٢ في (يد ١)

حديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + فوق أكسيد النيكل .

٢ - حالة التفريغ :

أما في حالة التفريغ ، أي عند توصيل البطارية بدائرة خارجية ، فيتفعل الحديد مع الإلكتروليت مكونا هيدروكسيد الحديد ، ويتحول فوق أكسيد النيكل إلى هيدروكسيد النيكل ، وينتزم في هذه الحالة إعادة الشحن ثانية .

ومن الممكن التعبير عن عمليتي الشحن والتفريغ بالمعادلتين الآتيتين .

القطب السالب + الإلكتروليت + ماء + القطب الموجب

حديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + فوق أكسيد النيكل ← حالة لشحن

هيدروكسيد الحديد + هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء + هيدروكسيد النيكل ← حالة التفريغ

وبين شكل (٣٩) منظر القطاع في مركم قلوى من النيكل - حديد .

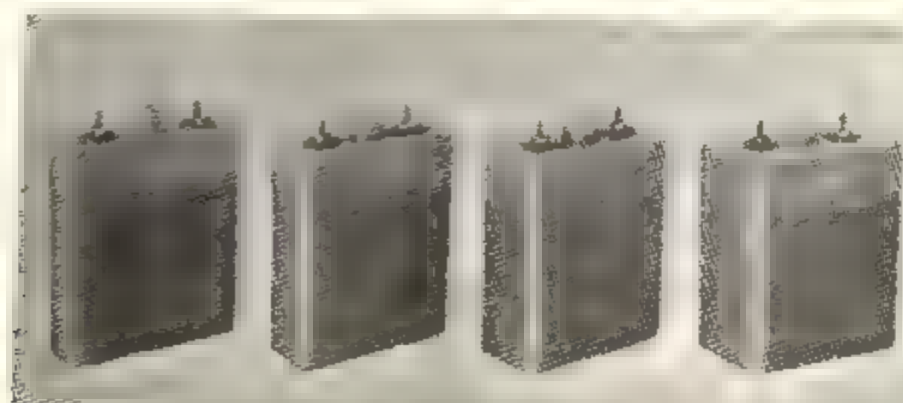
ويجب أن نلاحظ أن السائل الإلكتروليتي في المراكم القلوية لا تتغير كثافته أثناء عمليات الشحن والتفريغ . وقد أدخل الكثير من التحسينات على مراكم النيكل - حديد بإضافة الكوبلت إلى المادة الفعالة للقطب الموجب للمركم (هيدروكسيد النيكل) ، مما أدى إلى زيادة كفاءة المادة الفعالة بمقدار ٢٠٪ عن الأقل . كما أدخلت على البطاريات القلوية عموم تحسينات كثيرة باستخدام الكاديوم كقطب سالب في هذا النوع من المراكم (بدلاً من هيدروكسيد الحديد) مما أدى إلى زيادة كفاءة أداء هذا النوع من المراكم ، وتقليل كمية الغاز المتولد في البطاريات . وأصبحت مراكم النيكل - كاديوم تفضل على مراكم النيكل - حديد التقليدية ، وخاصة بعد أن أمكن صنع مراكم قلوية من نيكل - كاديوم تتميز بأنها محكمة لا يتسرب منها الغاز أو السائل . فجمعت هذه الأنواع الجديدة من البطاريات القلوية بين مميزات البطاريات الحفافة وبين مميزات بطاريات التخزين السائلة ، التي يمكن إعادة شحنها .

وتتميز البطاريات القلوية بقدرة تحملها ، وطول عمر تشغيلها ، وعدم احتياجها إلى عمليات خدمة وصيانة مستمرة ، حيث أنها لا تحتاج إلا إلى إعادة الشحن فقط . كما أنه يمكن ترك البطارية القلوية جافة ، أو بدون شحن لمدة طويلة . وتعتبر البطارية نيكل - كاديوم المحكمة ضد تسرب الغاز أو تسرب السائل مصدراً هاماً من مصادر الطاقة التي يفضل استخدامها في المناجم والأماكن التي قد تحتوي على متفجرات .

(٢٤) تصنيف بطاريات التخزين القلوية التجارية :

١ - مراكم النيكل - كاديوم التقليدية :

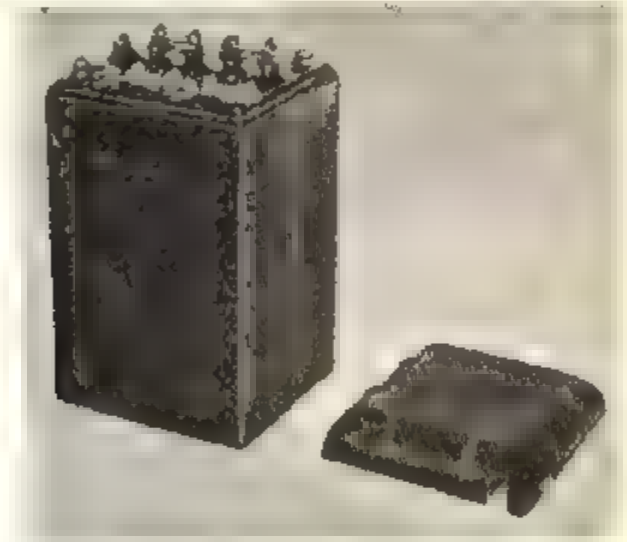
نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة ، والاستخدام
خلية وحيدة في وعاء من البلاستيك .	١,٢ فولت	سعة ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ١٦ أمبير - ساعة ، توضع في وعاء من بلاستيك البوليسترين المنيع ضد الصدمات . تستخدم في هندسة الإشارات وفي القياسات الكهربائية .



الشكل (٤٠) خلايا وحيدة موضوعة داخل إناء من البلاستيك



الشكل (٤١) خلايا وحيدة موضوعة داخل إناء من الحديد .



الشكل (٤٢) بطارية نيكل - كادميوم

نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة - والاستخدام
خلية وحيدة في وعاء من الحديد	١,٢ فولت	سعتها ٣٠ إلى ٧٥ أمبير - ساعة ، في وعاء من الحديد المنكل أو غطاء حديد عادي . تستخدم في العربات التي تعمل بالكهرباء وفي عمليات الإنارة ذات الضغط المتوسط وفي فتحة الإشارات (وفي المركبات) .
بطارية نيكل - كادميوم	٦ فولت	سعتها ٨ أمبير - ساعة ، في وعاء زجاجي من البلاستيك له نفس أبعاد بطارية الرصاص . تستخدم في الدراجات الكهربائية وللإنارة والإشعال .



الشكل (٤٣) حماية على هيئة زرار الشكل (٤٤) خلية اسطوانية . الشكل (٤٥) خلية نيكل كادميوم على هيئة زرار

٢ - مراكم النيكل - كادميوم المحركة ضد تسرب الغاز :

نوع البطارية	الجهد المقنن	السعة ، والاستخدام
بطارية على هيئة زرار (خلية وحيدة)	١,٢ فلف	سعتها ٥ ، ٥٠ ، ٢٢٥ ، ٤٥٠ و ٥٠٠ أمبير - ساعة . ونظرا لصغر حجمها فهي ملائمة للاستخدام في أجهزة السمع وفي أجهزة القياس وفي أجهزة الترانزستور .
بطاريات دائرية (خلية وحيدة)	١,٢ فلف	سعتها ٣ أمبير - ساعة ، وأبعادها مساوية لأبعاد البطاريات الجافة وحيدة القطب . تستخدم في نفس الأغراض التي تستخدم فيها البطاريات وحيدة القطب .
بطارية على هيئة زرار نيكل كادميوم		هذه البطاريات عبارة عن مجمع من البطاريات السابقة وتوضع داخل وعاء من البلاستيك وجهه هذه البطاريات إما ٢,٤ أو ٤,٨ أو ٦ أو ٧,٢ فلف
بطاريات منشورية	١,٢ فلف	سعتها ١ ، ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٧,٥ أمبير ساعة ، مجمعة في بطاريات . تستخدم في هندسة الإشارة وفي الإضاءة وفي هندسة السينما وفي القياسات الكهربائية .

(٢٥) مقارنة بين مراكم الرصاص الحمضية والمراكم القلوية :

مراكم الرصاص	مراكم النيكل-كادميوم التقليدية	مراكم النيكل - كادميوم المحككة ضد تسرب الغاز
المزايا : لها قدرة عطاء (خرج) كبيرة ، وتتميز بقلّة تكاليف تصنيعها وقلة مقاومتها الداخلية ، مما يساعد على سحب تيار كبير منها لمدة قصيرة (كما في حالة بدء تشغيل العربات) .	المزايا : خفيفة الوزن ، تتحمل الإجهادات الميكانيكية الكبيرة ، وعمر تشغيلها طويل ، ويمكن أن تتعرض للأحمال الزائدة والشحن الزائد ، من الممكن أن تترك في حالة تفريغ أو وهي جافة دون أن تتأثر .	المزايا : لها نفس مزايا الخلايا القلوية التقليدية ، إلا أنها تمتاز عنها بأنها يمكن وضعها في أي مكان وبأية كيفية ، كما أنها لا تحتاج لأي عناية خاصة في تشغيلها أو صيانتها .
العيوب : لا تتحمل الإجهادات الميكانيكية الكبيرة ، وعمر تشغيلها قصير ، كما أنه لا يمكن تحميلها بحمل زائد أو شحنها شحنًا زائدًا أو تركها في حالة جفاف ، ويجب أن تبقى مشحونة بصفة مستمرة .	العيوب : تكاليف تصنيعها كبيرة وجهد كل خلية من خلاياها صغير ، وقدره خرجها (عطائها) صغيرة ، ومقاومتها الداخلية كبيرة .	العيوب : بها نفس العيوب الموجودة في البطاريات القلوية التقليدية

ملحوظة :

تسوق جميع المراكم في الغالب على حالتها الأصلية قبل أن تشحن (معدا مراكم النيكل كادميوم المحككة ضد تسرب الغاز) ، لذلك يجب شحن جميع البطاريات قبل استخدامها .

(٢٦) طرق شحن المراكم وتحديد سعتها وكفاءتها :

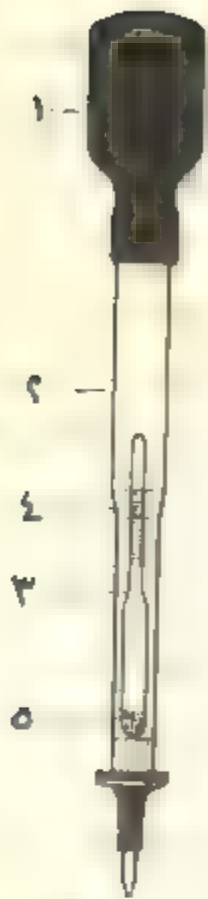
١ - شحن بطاريات الرصاص الحمضية :

تملأ مراكم الرصاص الحديدية بالسائل لإلكتروليتي ، وهو عبارة عن حمض الكبريتيك المخفف الذي لا تقل كثافته عن ١,١٧ : ١,١٨ جم / سم^٣ (وهي كثافة السائل الإلكتروني في حالة التفريغ) على أن يكون مستوى السائل أعلى من السطح العلوي للألواح بعدة ملليمترات . ولإتمام عملية الشحن بطريقة سليمة يجب مراعاة الآتي .

(أ) مقدار الكثافة النوعية للمحلول .

(ب) جهد و تيار الشحن .

(ج) خطوات الشحن .



اشكل (٤٦) الإيرومتر (مقياس الكثافة النوعية للمحض)

- ١ - كرة مطاط
٢ - إيرومتر
٣ - أنبوبة شعيرية
٤ - مقياس مدرج

(أ) مقدار الكثافة النوعية للمحض :

يمكن قياس الكثافة النوعية للمحض بواسطة جهاز يسمى « إيرومتر » أو « مقياس الكثافة » . ويوضح شكل (٤٦) طريقة عمل هذا الجهاز . حيث يتم سحب كمية من الإلكتروليت الموجود بالحلية إلى أخيز الأنوبي الزحاحي الرفيع المدرج الموجود بالجهاز ، بواسطة كرة مفرغة من المطاط مشتملة في طرف لأسوبة ، ويوجد داخل لأسوبة جسم عائيم عليه مقياس مدرج يمكن بواسطته ، وبالاتساع ، لتدريج الموجود على لأسوبة ، معرفة كمية كثافة المحض ، بقراءة العمق الذي يصل إليه هذا الجسم العائيم لموجود في الفراغ الأسوي المدرج . ولا تعتبر الحلية تامة الشحن إلا إذا وصلت الكثافة النوعية للمحض إلى ١,٢٤ - ١,٢٥ جم / سم^٣ .

(ب) جهد وتيار الشحن :

يتم تحديد جهد الشحن للمركم بمعرفة جهد كل حلية وعدد خلايا المركم . وجهد الشحن يساوي حاصل ضرب جهد كل حلية في عدد خلايا المركم لموصلة على التوالي . فإذا كان جهد الخلية ٢,٧ فلف فإن جهد الشحن = عدد الخلايا $\times ٢,٧$ أما تيار الشحن فيقوم الصانع بتحديدته في مواصفاته وبياناته التي يجب مراعاتها بكل دقة عند الشحن أو التفريغ لضمان إطالة عمر المركم .

ملحوظة هامة :

لا يصح أن ينخفض جهد مرآكم الرصاص في حاله التفريغ عن ١,٨٣ فلف

(ج) خطوات الشحن :

تبدأ عملية الشحن بتسليط جهد الشحن على أقطاب البطارية ، وبعد زمن معين من بداية الشحن يبدأ انبعاث غاز الهيدروجين ، وذلك عندما يبلغ جهد الخلية ٢,٧ فلت . ويستمر غاز الهيدروجين في الانبعاث لفترة معينة حتى يتساوى جهد المركم مع جهد الشحن ، ويجب ألا تقطع عملية الشحن إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من لحظة انبعاث الهيدروجين . ويجب ملاحظة أن عملية الشحن الكامل للبطارية لا تتم بمجرد انبعاث الغاز ، أو بمجرد وصول جهد البطارية إلى ٢,٧ فلت . وإنما يتم الشحن الكامل للبطارية عندما تبلغ الكثافة النوعية للمحلول ١,٢٤ - ١,٢٥ جم / سم^٣ ، ولا يتم ذلك إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من لحظة انبعاث الهيدروجين ، والتي يفضل تحديدها بالنسبة لكل نوع من أنواع البطاريات .

ويستخدم لهذا الغرض ساعة زمنية يتم تشغيلها بمجرد انبعاث الهيدروجين ، وبعد مرور هذه الفترة الزمنية المحددة تقوم الساعة بقطع تيار الشحن .

٢ - شحن المراكم القلوية :

لا يختلف شحن المراكم القلوية كثيراً عن شحن مراكم الرصاص ، فجهود شحن المركم يساوى حاصل ضرب عدد الخلايا في جهد الخلية . كما أن شدة تيار الشحن يحددها الصانع في بيانات ومواصفات المركم ، إلا أن البطاريات القلوية تختلف عن بطاريات الرصاص في أن كثافة الإلكتروليت (هيدروكسيد البوتاسيوم) المستخدم فيها تظل ثابتة قبل الشحن وبعده . لذلك يفضل الاعتماد على قيمة جهد الخلايا عند بداية الشحن وعند الانتهاء منه . ويجب شحن البطارية القلوية عند ما يصل جهد الخلية إلى فلت واحد . ويستمر شحن البطارية حتى يصل جهد كل خلية فيها إلى ١,٧٥ فلت في حالة خلية النيكل - كادميوم ، ١,٨٥ في حالة البطاريات النيكل - حديد .

وجدير بالذكر أن المراكم القلوية يمكن أن تبقى مخزونة في حالة عدم شحن ، أو وهي جافة لأي فترة من الزمن ، على عكس الحال في مراكم الرصاص التي يجب شحنها بمجرد تفريغها .

- سعة المركم :

تعرف سعة المركم بأنها كمية الكهرباء التي يستطيع تخزينها . وهي تساوى حاصل ضرب تيار التفريغ في زمن مروره ، ويكون تمييزها بالأمبير - ساعة . وبمعنى آخر تكون سعة المركم عبارة عن حاصل ضرب معدل التيار الذي يمكن أن نأخذه منه في الزمن الذي يستغرقه مرور هذا التيار .

ومن العوامل التي تحدد سعة المركم : الخسمة وعمر التفصيل .

- كفاءة المركم :

هناك نوعان من أنواع الكفاءة بالنسبة للبطاريات ، أحدهما يرجع إلى سعة البطارية بالأمبير - ساعة ، والآخر يرجع إلى سعة البطارية بالواط - ساعة .

كفاءة البطارية بالأمبير - ساعة :

تعرف كفاءة البطارية بالأمبير - ساعة بأنها خارج قسمة قدرة خروج المركم بالأمبير ساعة على قدرة دخل المركم .

$$\text{كفاءة المركم (\eta)} = \frac{\text{قدرة خروج المركم (أمبير - ساعة)}}{\text{قدرة دخل المركم (أمبير - ساعة)}}$$

ويكون متوسط قيمة هذه الكفاءة أو الجودة بالنسبة لمراكم النيكل - كادميوم ٠,٧٥ ، وبالنسبة لمراكم النيكل - حديد ٠,٧ . وبالنسبة لمراكم الرصاص ٠,٩٧ .

كفاءة البطارية بالواط - ساعة :

تعتبر كفاءة البطارية بالواط - ساعة مهمة جدا من النحية العملية ، وهي تساوى خارج قسمة خرج المركم بالواط - ساعة (في حالة التفريغ) على قدرة دخل المركم بالواط - ساعة (في حالة الشحن) .

$$\text{كفاءة المركم (\eta)} = \frac{\text{قدرة خروج المركم بالواط - ساعة (في حالة التفريغ)}}{\text{قدرة دخل المركم بالواط - ساعة (في حالة الشحن)}}$$

وكفاءة المركم بالواط - ساعة أقل دائما من كفاءته بالأمبير - ساعة ، لأن جهد الشحن يكون عادة أعلى من جهد التفريغ . فإذا كان متوسط جهد الشحن مثلا ١,٦ فلت ، ومتوسط جهد التفريغ ١,١ فلت ، فإن هذا العمل يؤدي إلى انخفاض كفاءة المركم (بالواط - ساعة) بنسبة ٠,٧ عن كفاءة المركم بالأمبير - ساعة . فإذا كانت كفاء المركم بالأمبير - ساعة مثلا ٩٥ في فإن كفاءته بالواط - ساعة تكون :

$$= ٩٥ \times ٧ = ٦٧٥ \text{ واط ساعة}$$

(٧٧) معدات شحن المراكم :

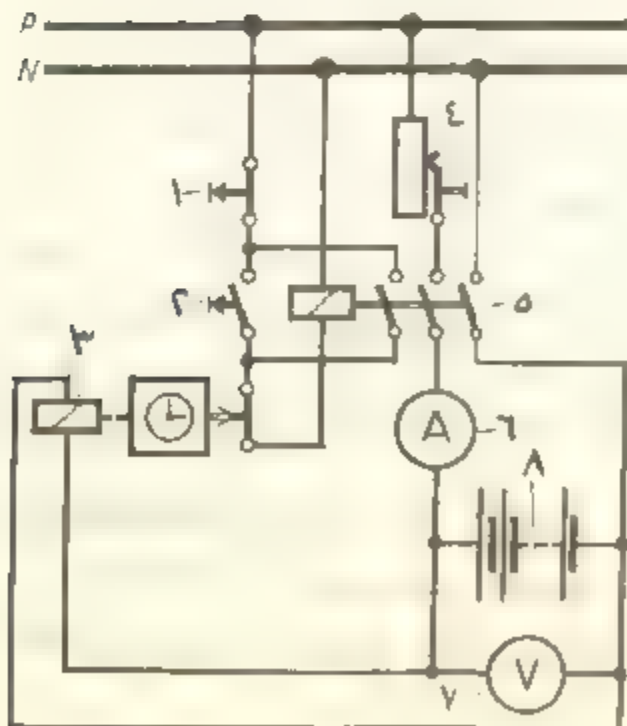
تشحن المراكم عادة بتيار مستمر يحدد الصانع شدته في مواصفات وبيانات المركم ، أما جهد الشحن فيساوى حاصل ضرب قيمة جهد كل خلية من الخلايا الموجودة بالمركم في عددها ،

ومن الممكن استخدام معدات شحن بتيار مستمر مباشر أو تيار متردد بعد تقويمه وتحويله إلى تيار مستمر . وفي جميع الأحوال يجب تزويد معدات الشحن بمفتاح يقوم بفصل تيار الشحن عن المراكم أتماتيكية بعد إتمام عملية الشحن .

١ - معدات شحن بتيار مستمر مباشر :

يبين شكل (٤٧) رسماً لدائرة توصيل إحدى معدات الشحن بتيار مستمر مباشر ، وفيه يظهر المفتاح لقاطع ، الذي يتكون عادة من مرحل وساعة زمنية (بتعويق زمني) تقوم بتشغيل المفتاح ويتم الشحن بالطريقة الآتية :

يسلط جهد الشحن على المراكم عن طريق مقاومة متغيرة بضبط الجهد المطلوب للشحن ، وتوصل هذه المقاومة عن التوالي بالبطارية عن طريق المفتاح القاطع . يقوم هذا المفتاح بتوصيل الدائرة بمجرد الضغط عليه . وتستمر عملية الشحن حتى يصل جهد كل خلية من خلايا المراكم إلى (٢.٤ - ٢.٧ فلت) (في مراكم الرصاص مثلاً) . وعندئذ يتصاعد غاز الهيدروجين وحيث أن عملية الشحن لا تتم إلا بعد مرور فترة زمنية معينة من وصول جهد الخلايا إلى الجهد المقنن (٢.٤ فلت - ٢.٧ فلت) لتصل كثافة الإلكترونات إلى ١.٢٤ - ١.٢٥ جم/سم^٣ لذلك يقوم المرحل بتشغيل الساعة الزمنية عندما يتساوى جهد الخلية مع جهد شحن وبعد مرور هذه الفترة الزمنية لمعينة تقوم الساعة بتشغيل المفتاح بعزل دائرة شحن . وذلك يمكن التأكد من إتمام الشحن بالطريقة المثل .



الشكل (٤٧) دائرة شحن البطاريات

باستخدام مصدر تيار مستمر

١ - مفتاح سكينة للفصل

٢ - مفتاح سكينة للوصل

٣ - مفتاح زمني بمرحل

٤ - مقاومة صغيرة

٥ - مفتاح تلامس

٦ - أميتر

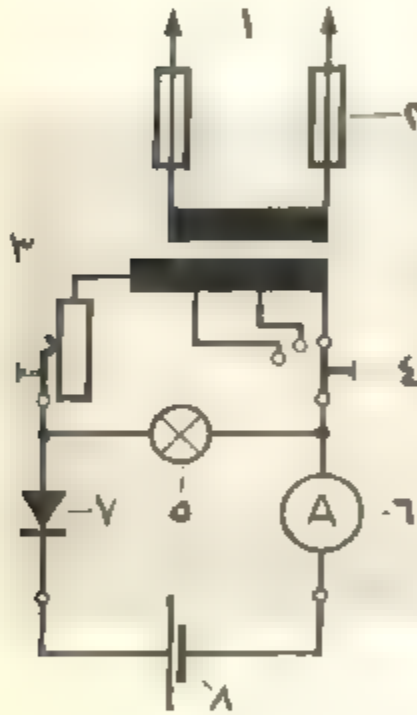
٧ - فلتومتر

٨ - المراكم المراد شحن

٢ - معدات شحن بتيار مستمر ناتج من تقويم تيار متردد :

يبين شكل (٤٨) إحدى دوائر معدات الشحن التي تعمل بتيار المتردد ، ويتم فيها تقويم التيار المتردد وتحويله إلى تيار مستمر بواسطة مقومات شبه موصلة (من النوع الجاف) ، أو مقومات بالترنغ الفزى (الحرارى الأيونى) . ويكون هذا التقويم إما نصف موجى أو بموجة كاملة . وتستخدم فى الحالة الأخيرة مرشحات مناسبة لتنعيم التيار المستمر لنتج من عملية التقويم .

وهناك طريقتان لتعير قيمة جهد الشحن المطلوب بالتيار المتردد الأولى باستخدام محول به نقط توصيل بينية ، يمكن عن طريقها الحصول على جهود شحن مختلفة . أم الطريقة الثانية فهي مشابهة تمام لتلك المستخدمة فى معدات شحن بالتيار المستمر ، أى تستخدم مقاومة متغيرة موصلة على اتزان بالمراكم المراد شحنها . وبالرغم من سهولة الطريقة الأخيرة إلا أن انعقد فى المقارنات يعتبر كبيراً إذا قيس بالنعقد الناتج فى الطريقة الأولى التى تستخدم فيه محولات بنقط توصيل بينية .



الشكل (٤٨) دائرة شحن البطاريات باستخدام

مصدر التيار المتردد

١ - مصدر التيار المتردد

٢ - مصاهر

٣ - مقاومة متغيرة

٤ - مفتاح لانتقاء الجهد اللازم

٥ - مصباح بيان

٦ - أميتر

٧ - مقوم

٨ - المراكم المراد شحنها

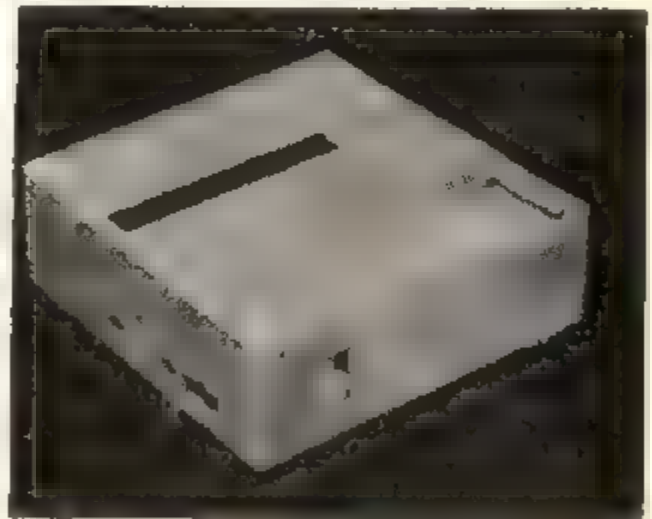
- أنواع معدات الشحن :

تبين الأشكال من ٤٩ إلى ٥١ عدداً من المعدات المستخدمة فى شحن المراكم والبطاريات المختلفة ، ومن المعروف أن هناك العديد من معدات الشحن التى تلائم جميع أنواع المراكم ، سواء أكانت هذه المراكم حمضية (مراكم رصاص) أم قنوية (مراكم النيكل - كادميوم) ، وسواء أكانت ثابتة مثل مراكم السليقونات ومراكم الإصاءة فى انطوارى أم نقل مثل مراكم العربات والمركبات كما توجد معدات لشحن ابطاريات الخاصة بأجهزة السمع أو أى نوع آخر من البطاريات .

الشكل (٤٩) معدات شحن البطاريات النيكل
- كاديوم الصغيرة التي على شكل زرار .



الشكل (٥١) معدات شحن البطاريات
المستخدمة في بدء تشغيل العربات



الشكل (٥٠) معدات شحن البطاريات
المستخدمة في التصوير .

الباب الثالث

نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

(٢٨) نظم النقل والتوزيع بجهد عال أو بجهد منخفض :

تنقل الطاقة الكهربائية من محطة توليد القدرة الكهربائية إلى المستهلك بواسطة خطوط أو موصلات يطبق عليها اسم شبكات النقل والتوزيع لكهربائية أو نظم النقل والتوزيع .

ويبين شكل (٥٢) رسمًا محطياً لشبكة النقل والتوزيع لطاقة الكهربائية ، والتي تبدأ من محطة توليد القدرة الكهربائية إلى المستهلك . ويظهر في الرسم وسائل التحكم والإشراف المستخدمة لتحديد الأخطاء وصيانتها . هذه الشبكات بكفاءة عالية . وتنقسم نظم نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إلى :

(أ) نظم النقل والتوزيع بالجهد العالي .

(ب) نظم النقل والتوزيع بالجهد المنخفض .

(أ) نظم النقل والتوزيع بالجهد العالي :

تطلق عادة على الجهود التي تزيد على ١٠٠ ك.ف.م اسم « جهود الضغط العالي » وتستخدم الجهود العالية في نقل الطاقة لمسافات بعيدة لتقليل الفقد ثم ينخفض الجهد بواسطة محولات قدرة لتوزيع الطاقة بعد ذلك بشبكات الجهد المنخفض . غير أن الكثير من المصانع الكبيرة تغذى عن طريق شبكات الجهد لمدى مباشرة . ويتم في هذه المصانع تحويل الجهد العالى إلى جهد منخفض بواسطة محطة محولات خاصة داخل هذه المصانع .

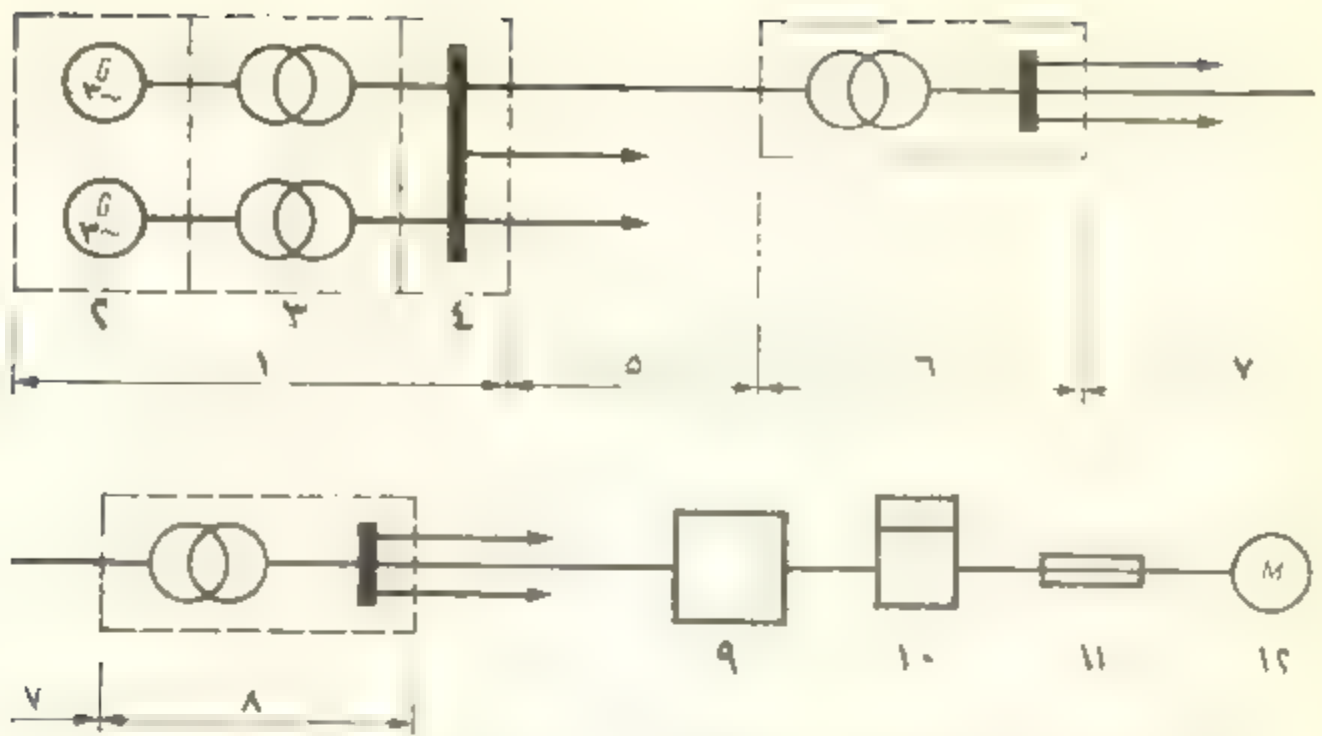
والجهود المقننة المستخدمة في الجهد العالي هي :

٢ ، ٥ ، ٦ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٣٠ ، ٦٠ ، ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٣٠٠ ، ٣٨٠ ك.ف.م

والاتجاه السائد حالياً هو عدم إقامة أى شبكات توزيع بجهد عال يقل جهدها عن ٣٠ ك.ف.م . ومن جهة أخرى لا ينصح بإقامة نظم للنقل والتوزيع يزيد جهدها على ٣٨٠ ك.ف.م ، حيث أن مثل هذا النظام يصادف صعوبات كثيرة وخاصة بالنسبة لعزل الموصلات .

(ب) نظم النقل والتوزيع بالجهد المنخفض :

يطلق على الجهود التي تزيد على ١٠٠٠ فلت « جهود الضغط المنخفض » . وتوزع الطاقة الكهربائية على معظم المستهلكين العاديين بجهود الضغط المنخفض .



الشكل (٥٢) كيفية توصيل الطاقة الكهربائية من محطة توليد القدرة إلى المستهلك .

- ١ - معدات محطة القدرة
- ٢ - مولدات (بتر اوح جهدها بين ٦ ك . ف . ، ١٠ ك . ف)
- ٣ - محولات القدرة (لا يزيد جهدها على ٣٨٠ ك . ف)
- ٤ - محطة المفاتيح والفتابان التوزيع .
- ٥ - شبكة الجهد العالي .
- ٦ - محطة المحولات ومجموعة مفاتيح التوزيع (للجهد المتوسط)
- ٧ - شبكة الجهد المتوسط .
- ٨ - محطة المحولات ومجموعة مفاتيح التوزيع (للجهد المنخفض)
- ٩ - شبكة الجهد المنخفض .
- ١٠ - التوصيلات المنزلية
- ١١ - العدادات الكهربائية
- ١٢ - الأجهزة المنزلية

ويعبر عادة ألا يزيد طول خط التوزيع المستخدم في نظم التغذية بالجهد المنخفض ابتداء من محطة المحولات إلى المستهلك على كيلو متر واحد ، وذلك لتقليل انعقد الناتج في موصلات الجهد المنخفض ، حيث أن شدة التيار المار في موصلات الجهد المنخفض كبيرة ومساحة مقطع الموصلات صغيرة نسبياً .

وتعتبر الجهد المقسم الآتية أكثر الجهود استخداماً في نظم التغذية بالجهد المنخفض .

الجهود المستخدمة في نظام التوزيع بالتيار المستمر ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٤٤٠ فولت

والجهود المستخدمة في نظام التوزيع بالتيار المتردد ٢٥ - ٢٢٠ - ٣٨٠ - ٥٠٠ فولت .

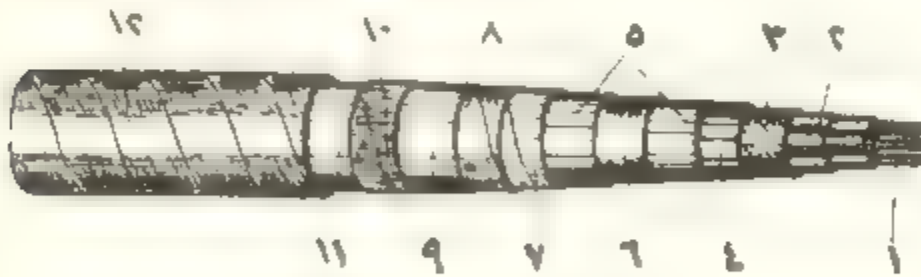
وقد تقسم جهود النقل والتوزيع في بعض الأحيان إلى :

- جهد منخفض ، وهو الذي لا تزيد قيمته على ١ ك.ف .
- جهد متوسط ، وهو الذي تتراوح قيمته بين ١ ك.ف ، ٣٠ ك.ف .
- جهد عال ، وهو الذي تتراوح قيمته بين ٣٠ ك.ف ، ٣١٠ ك.ف .

وتتركب نظم النقل والتوزيع إما من كبلات مدفونة في الأرض أو من موصلات علوية (خطوط هوائية) . وتنقل الطاقة الكهربائية في نظام الجهد العالى أساس بواسطة خطوط الهوائية . غير أن هناك بعض الأحوال الخاصة التي تستخدم فيها الكبلات بنقل الطاقة في نظم الجهد العالى أما في نظام الجهد المنخفض فتستخدم الكبلات أساس في القرب ، وتوزيع وقد تستخدم الخطوط الهوائية في بعض الأحيان خارج المدن وفي الأماكن مكشوفة ، وذلك تبعاً لظروف تشغيل المحطة المختلفة .

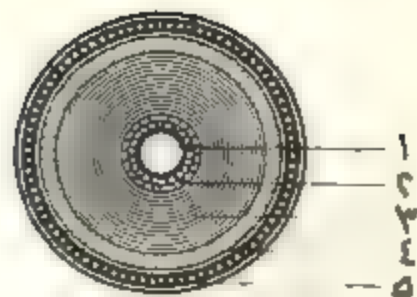
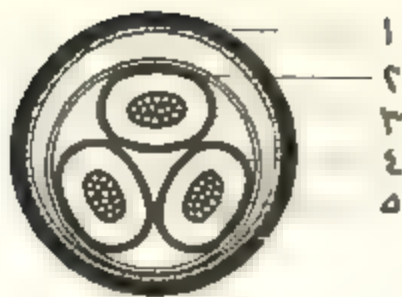
(٢٩) الكبلات الأرضية :

يبين شكل (٥٢) تصميم لكل أرضى مكون من ثلاثة موصلات ويستخدم الحساس عادة كوصل في الكبلات الأرضية ، وقد يستخدم الألومنيوم حالي كبديل للموصلات النحاسية في بعض الكبلات . ويلاحظ من الرسم أن جميع الموصلات في الكبل تكون معزولة تماماً ، كما يمرل الكبل من الخارج منع حدوث أى تيار قصر أو تيار تسرب بين الموصلات بحضب ومحص ، أو بين الموصلات والأرض وتتميز كبلات الجهد العالى عن كبلات الجهد المنخفض بقوة عزل كهربائية عالية وهناك عدة أنواع من كبلات الجهد العالى أهمها :



الشكل (٥٢) تصميم كبل أرضى للجهد العالى

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| ١ - موصل الكبل | ٧ - ورق مشرب بالزيت |
| ٢ - ورق مشرب بالزيت | ٨ - شريط من الصلب لحماية الكبل |
| ٣ - عازل بيتومين | ٩ - مركب عازل |
| ٤ - غطاء من الرصاص | ١٠ - شريط مشرب بالعازل |
| ٥ - مركب عازل | ١١ - مركب عازل |
| ٦ - غطاء من المطاط | ١٢ - شريط مقصفر |



الشكل (٥٥) قطاع في كبل أرضي معاز مضغوط
١ - أنبوبة من الصلب معزولة من الداخل
٢ - حامل للأسلاك المعزولة
٣ - غطاء من الرصاص يحيط بالموصلات
٤ - عازل
٥ - موصلات

الشكل (٥٤) مقطع لكبل أرضي مملوء بالزيت
١ - ماسورة (مجرى) لزيوت
٢ - موصل متعدد الأسلاك
٣ - عازل
٤ - شريط من الرصاص
٥ - شريط من الصلب لحماية الكبل

(أ) الكبلات المملوءة بالزيت :

يبين الشكل (٥٤) كبلًا مملوءًا بالزيت ، وفيه ينعكس الزيت دورًا هامًا في عمل طبقة عازلة رقيقة بين الموصلات تتميز بمستوى عزل عال .

(ب) كبلات الغاز المضغوط :

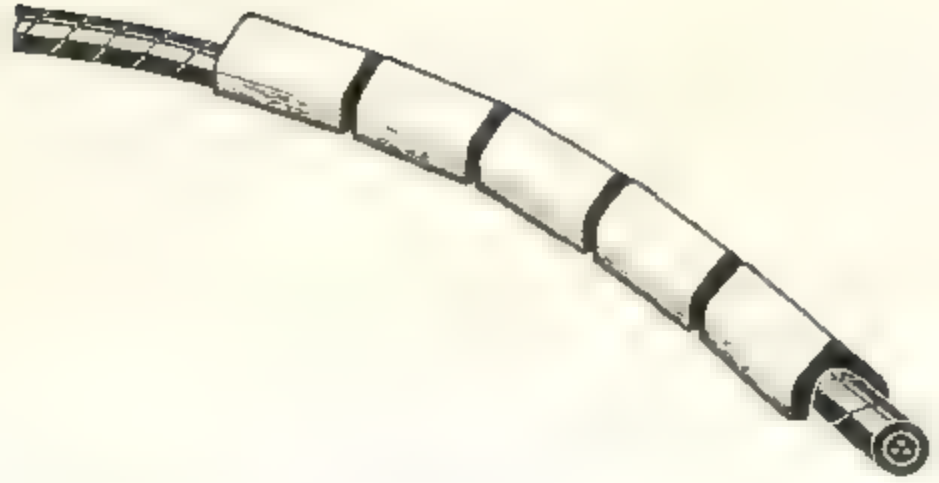
وفيها توضع الموصلات المعزولة داخل أنبوبة من الصلب مملوءة بالغاز (تحت ضغط يتراوح بين ٨ ، ١٥ ضغط جوي) ، أو بغاز النيتروجين (تحت ضغط يتراوح بين ٤ ، ١٤ ضغط جوي) .

ويبعد وضع الموصلات تحت ضغط جوي عال في منع تكون أي محو أو فقاعات هوائية في المواد العازلة ، وبذلك يمنع حدوث أي تفريق بين الموصلات في هذه الكبلات ، ومن المعروف أن مستوى العزل في كبلات الغاز المضغوط يصل إلى ثلاثة أضعاف مستوى العزل في الكبلات العادية .

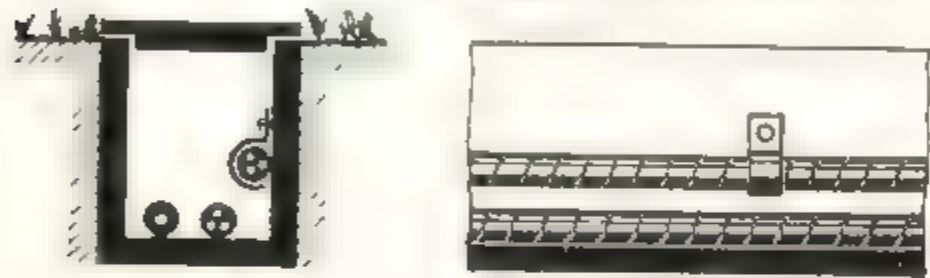
- طرق وضع الكبلات في الأرض :

عند وضع الكبلات في الأرض سواء في نظم التوزيع بالحهد المنخفض أو بالحهد العالى يراعى الآتى :

- ١ - يجب دفن الكبلات على عمق يزيد على العمق الذى تصل إليه عمليات الحفر العادية (مد مواسير المياه في الأرض ، مثلاً) .
- ٢ - يجب حماية الكبلات من التلف الميكانيكى أثناء عمليات الحفر ووضعها داخل غلاف حجري ، كما في شكل (٥٦) ، أو في مجارى أو خنادق مصممة لهذا الغرض كما في شكل (٥٧) .



الشكل (٥٦) كبل أرضي مغمى داخل عطاء حجري على شكل قلمونة



الشكل (٥٧) كبل أرضي موضوع داخل خندق (مجرى أرضية)

(٣٠) الخطوط الهوائية :

تستخدم الموصلات الألومنيوم حالياً في الخطوط الهوائية لشبكات النقل خفيفة وزنها وقلة تكاليف تركيب وإنشاء الأبراج الحاملة لها من المعروف أن استخدام الموصلات النحاسية في الخطوط الهوائية يؤدي إلى زيادة كبيرة في تكاليفها وتكاليف إنشاء الأعمدة والأبراج الحاملة لها . ويعيب الموصلات الألومنيوم أن مقاومتها النوعية أعلى من المقاومة النوعية للموصلات النحاسية ، وأن مقدار الارتخاء في الخطوط الألومنيوم يتغير تغيراً كبيراً باختلاف درجات الحرارة وأن قوة شدتها صغيرة ..

لذلك يجب مراعاة ما يلي عند تركيب الموصلات الألومنيوم في الخطوط الهوائية .

- (أ) أن تكون قوة الشد المسلطة على الموصلات الألومنيوم صغيرة نسبياً .
- (ب) أن تكون المسافة بين الموصلات (الخطوط) أكبر ما يمكن وذلك لأسباب اقتصادية .
- (ج) أن يكون الارتخاء مطابقاً للأبعاد القياسية ، علماً بأن هذا الارتخاء يتغير تغيراً كبيراً باختلاف درجات الحرارة .

وفيما يلي وصف مبسط للأجهزة والمواد والمعدات المستخدمة في تركيب الخطوط الهوائية .

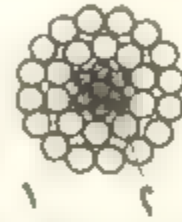
(أ) الموصلات الألومنيوم المستخدمة في الخطوط الهوائية :

يفصل دائماً أن تزود الموصلات الألومنيوم بأسلاك من الصلب لزيادة قوة شدتها . ويبين الأشكال من (٥٨) إلى (٦٠) أنواع الموصلات الألومنيوم المستخدمة في الخطوط الهوائية والمزودة بأسلاك من الصلب لزيادة قوة شدتها .

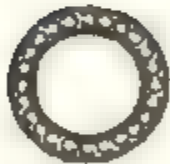
يبين شكل (٥٨) موصلات ألومنيوم مصمتة ومجدولة ، ويوجد بوسطها سلك من الصلب .
ويبين شكل (٥٩) موصلات ألومنيوم مفرغة ومجدولة يوجد بداخلها شريط صلب ملفوف من الصلب .
ويبين شكل (٦٠) موصلات ألومنيوم مفرغة ومجدولة ومقواة بأسلاك من الصلب مدفونة داخل طبقة الألومنيوم التي تشكل محيط الموصل .



الشكل (٥٩) أسلاك ألومنيوم مجولة ومجدولة
وبداخلها شريط صلب ملفوف لتقوية :
١ - الموصل الألومنيوم
٢ - الشريط الصلب الملفوف



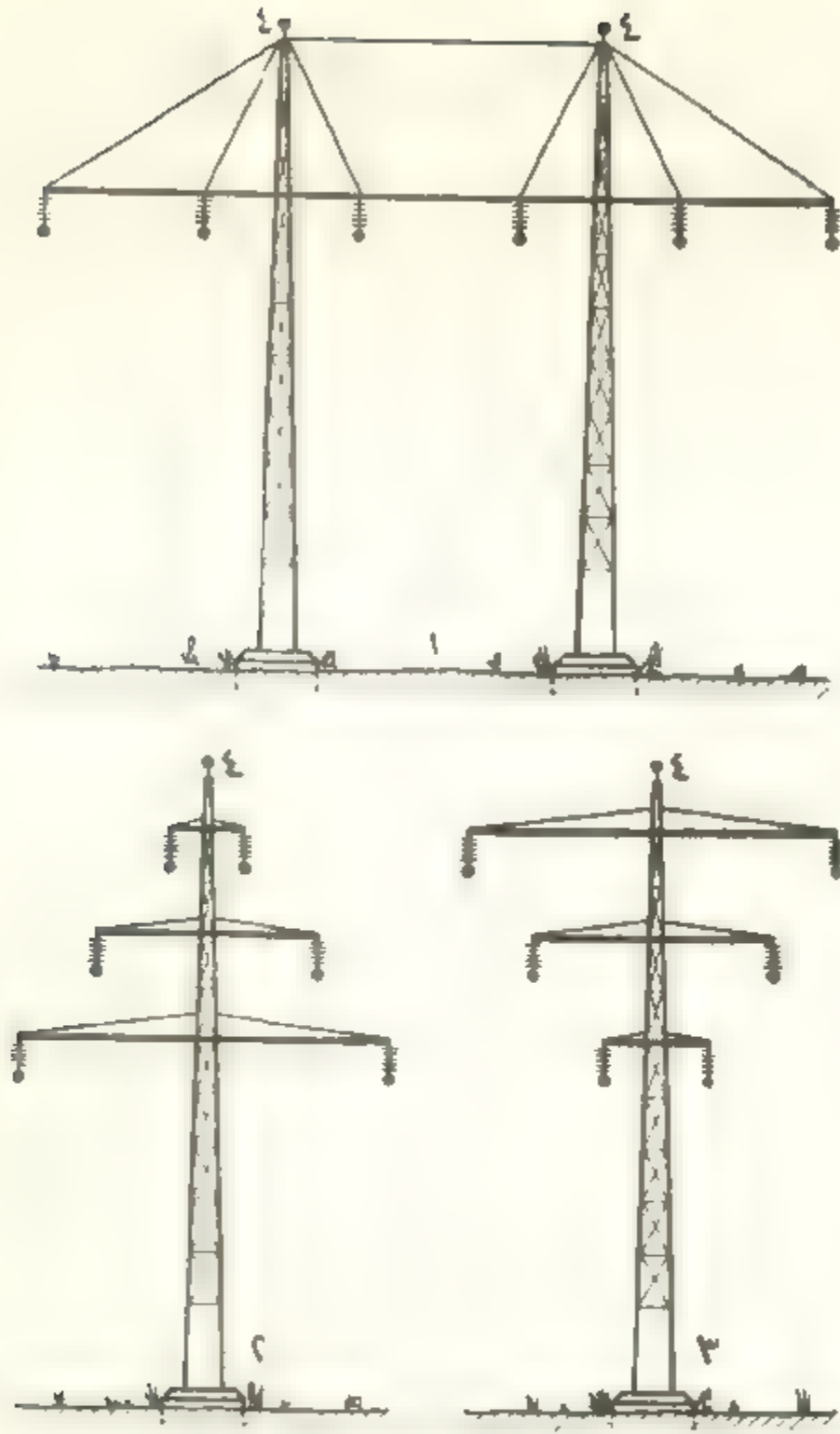
شكل (٥٨) موصلات ألومنيوم مجولة بمر
في ألبها سلك صلب لتقويتها .
١ - الموصلات الألومنيوم
٢ - الأسلاك الصلب .



الشكل (٦٠) موصل أجوف من الألومنيوم ، يوجد بالخامة التي
تشكل محيطه أسلاك من الصلب مدفوعة فيه لتقويته .

(ب) الأبراج والأعمدة المستخدمة في التركيبات الكهربائية لخطوط الهوائية :

تستخدم الأبراج الحديدية ذات التصميم التشابكي أو الأبراج الحديدية المقواة بدعائم ، في حمل الخطوط الهوائية لنقل الطاقة الكهربائية بمجهود عال ، بينما تستخدم الأعمدة الخشبية والحرسانية عادة في حمل الخطوط الهوائية لنقل الطاقة بمجهود منخفض . ويبين الشكل (٦١) عدة أنواع من الأبراج الحديدية ذات التصميم التشابكي (المزودة بدعائم تقوية) والمستخدمة في الجهد العالي . ويبين الشكل (٦٢) بعض أنواع الأعمدة الخشبية ، مثل أعمدة التعليق أو الأعمدة المثبتة بدعائم أو الأعمدة المزدوجة . . . إلخ ، والمستخدمة في الجهد المنخفض . وحيث أن هذه الأعمدة تستخدم بصفة رئيسية في حمل الموصلات ، لذلك يفضل تثبيتها بطريقة تمكها من تحمل الإجهادات الناتجة من الشد الذي تسببه هذه الموصلات .



الشكل (٦١) أشكال الأبراج الحديدية ذات التصميم الشبكي

١ - برج باي (على هيئة باب)

٢ - برج على هيئة شجرة الأرض

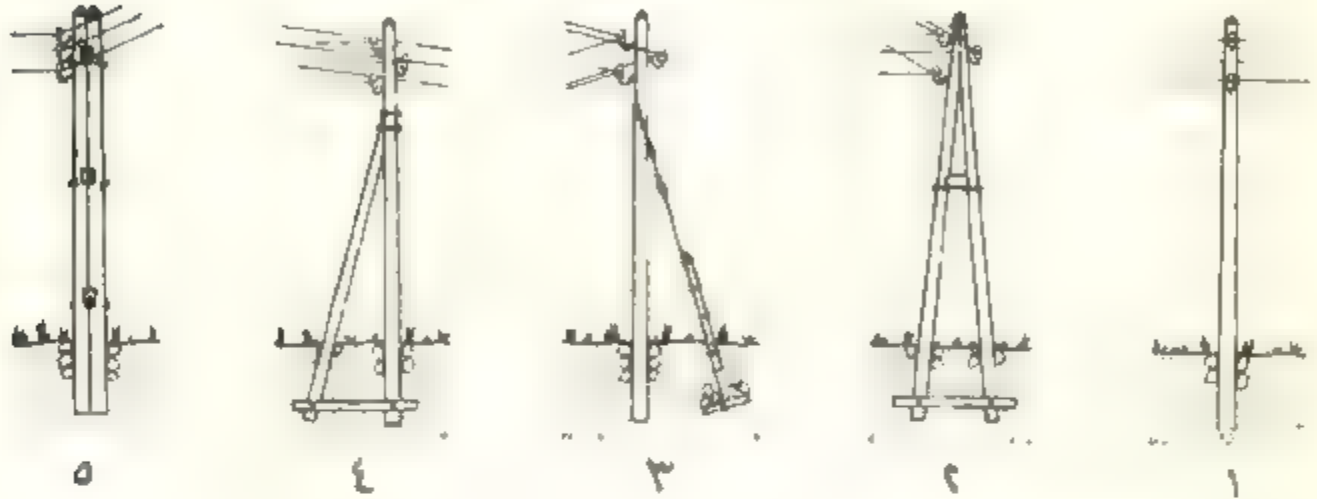
٣ - برج على هيئة شجرة الأرض المقلوبة

٤ - كبلات لتأريض (توضع أعلى البرج لحمايته من الصواعق ، كما تستخدم في التأريض

لضمان السلامة)

(ج) العوازل وأكام الكبلات والمعدات المساعدة :

يستخدم الكثير من المعدات المساعدة في مد الكبلات أو تركيب الخطوط الهوائية . وتبين الأشكال (٦٣ ، ٦٤ ، ٦٥) بعض المعدات المساعدة اللازمة لعملية إنشاء وتركيب نظم التغذية بالكبلات أو بالخطوط الهوائية . ومن هذه المعدات أكمام لكبلات المينة في شكل (٦٣) (الأكمام مقننة) ، وصناديق التوصيل ، ونهايات الكبلات ، وكذلك عوارل الكبل ، وعوازل التعليق المينة في شكل (٦٤) ، ونهايات التفرع ، والقامطات المينة في شكل (٦٥) .



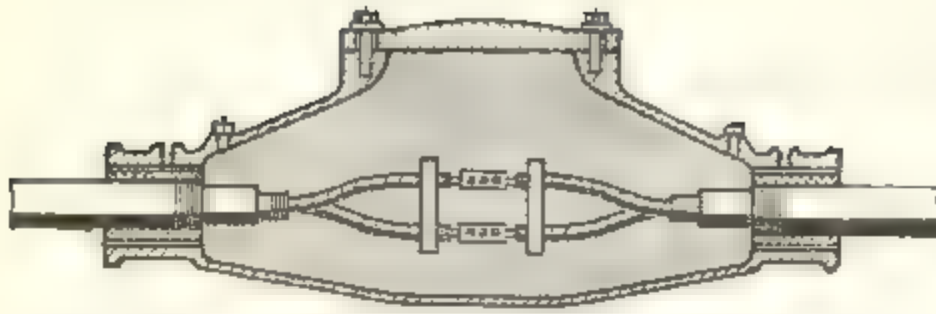
الشكل (٦٤) أشكال الأعمدة الخشبية

- ١ - عمود تعليق مفرد
- ٢ - عمود بشكل حرف A
- ٣ - عمود مثبت بدعامات
- ٤ - عمود مثبت بشكالات
- ٥ - عمود مزدوج

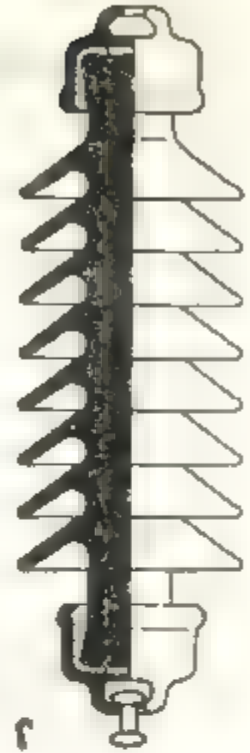
(٣١) نظم التوزيع بتيار متردد أو بتيار مستمر :

يوجد من الناحية العملية عدة نظم لنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من المولدات مباشرة ويمكن تلخيصها في ثلاث نظم للتوزيع المستخدمة شيوفاً ، مع ملاحظة أن بعض هذه النظم لا يستخدم حالياً في تركيب أو إنشاء شبكات التغذية الجديدة .

- نظم توزيع التيار المستمر :
- تبين الأشكال (٦٦ إلى ٦٩) النظم المختلفة لتوزيع التيار المستمر .
- نظم توزيع التيار المتردد :
- تبين الأشكال (٧٠ إلى ٧٣) النظم المختلفة لتوزيع التيار المتردد .



شكل (٦٣) كم قارد للكابل (ترتبية لتوصيل كبلين معا)



الشكل (٦٤) العازل

١ - عازل شد

٢ - عازل تعليق (دو طاقة ومسمار)



الشكل (٦٥) قامة محلبة لمخطوط الهوائية

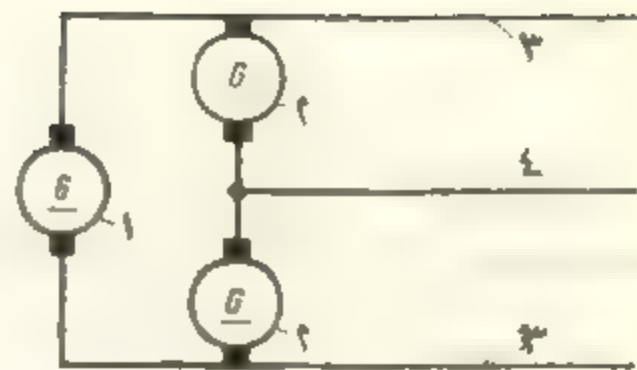


الشكل (٦٧) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك. يمكن الحصول على هذا النظام بتوصيل مولدين على التوالي
١ - الموصلات الخارجية ٢ - الموصل المتعادل

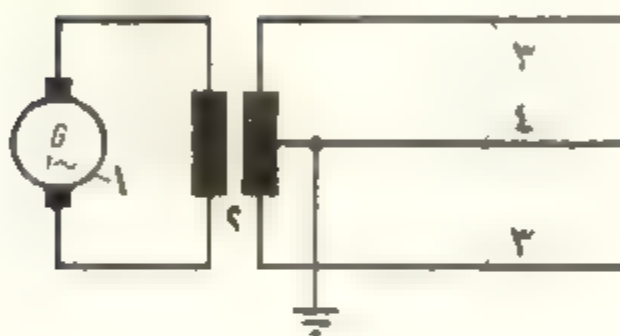
الشكل (٦٦) نظام تيار مستمر بسلكتين



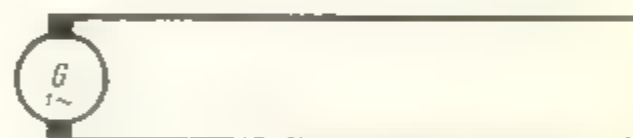
الشكل (٦٩) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك
يستخدم فيه المولد الثلاثي الأسلاك
١ - الموصلات الخارجية
٢ - الموصل المتعادل



الشكل (٦٨) نظام تيار مستمر بثلاثة أسلاك
تستخدم فيه المولدات الموازية
١ - المولد الرئيسي
٢ - المولدات الموازية
٣ - الموصلات الخارجية
٤ - الموصل المتعادل



الشكل (٧١) نظام وحيد الطور بثلاثة أسلاك
باستخدام محول
١ - مويد
٢ - محول
٣ - الموصل الرئيسي
٤ - الموصل المتعادل



الشكل (٧٠) نظام توليد وحيد الطور بسلتين
باستخدام مولد بسلتين. ويستعمل هذا النظام
أساساً في الجركهربائي وبعض بلدان أوروبا
الوسطى لتوليد تيار متردد $(\frac{2}{3})$ بدبدبية في
(الثانية)

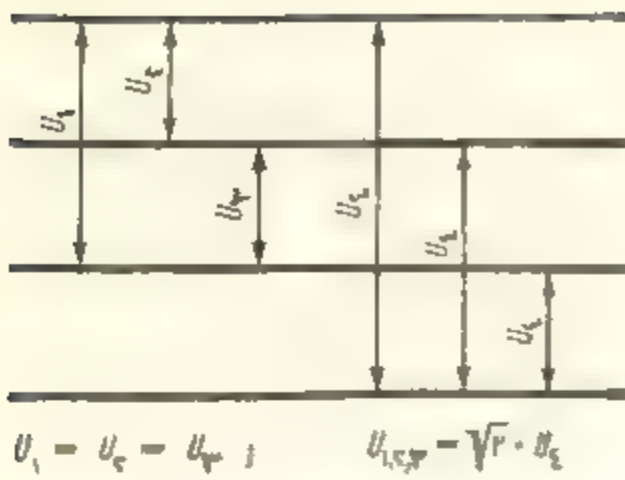
(٣٧) شبكات توزيع الطاقة الكهربائية :

تنقل الطاقة الكهربائية ، وتوزع بواسطة شبكات تغذية مكونة من موصلات مركبة بطرق
مختلفة . وفيما يلي موجز لمتطلبات اللارم توافرها في شبكات التغذية وأنواعها المختلفة .

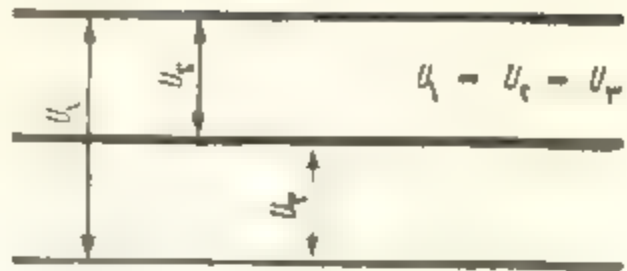
المتطلبات اللازم توافرها في شبكات التغذية المختلفة :

يجب أن تتوافر المتطلبات الآتية في شبكات التغذية .

(١) أن تكون لديها قدرة عالية للأداء والخدمة المستمرة .



الشكل (٧٣) نظام ثلاثى الأطوار بأربعة أسلاك
١ - الموصل الرئيسى ٢ - الموصل المتعادل



الشكل (٧٢) نظام ثلاثى الأطوار بثلاثة أسلاك

(ب) أن تكون مصممة بحيث تقلل من عدد الأحطه والاضطرابات و الحلل والأعطال التي تحدث فيه وأن يكون بها وسائل للتحكم والإشراف ، وأن تصمم بطريقة تسهل تحديد مواقع لأخطاء التي قد تحدث مع إمكان حصرها في أضيق نطاق

(ج) ألا تؤدي إلى هبوط انضغطية (أى أن يبقى جهد التوزيع ثابتاً ما أمكن) .

(د) ألا تؤدي إلى زيادة كبيرة في تكاليف نقل الطاقة وتوريدها (أى تكون تكاليف إنشائها وصيانتها اقتصادية) .

(هـ) أن يكون تصميم الشبكة بحيث يسمح بمديات التوسع في مدها مستقبلاً .

ومن المعروف أن هذه المتطلبات كلها لا يمكن تحقيقها جميعاً في كافة الظروف ، لذلك تصمم شبكات التغذية لتتناسب مع هذه المتطلبات كلما أمكن ذلك .

أنواع شبكات النقل والتغذية :

فيما يلي شرح لأكثر أنواع الشبكات انتشاراً ، مع شرح مسط لمزايا وعيوب كل منها :

١ - نظام التغذية نصف القطرى : (شبكة التغذية لإشعاعية)

يبين شكل (٧٤) شبكة توزيع إشعاعية (نصف قطرية) ، وهى إحدى نظم التغذية المفتوحة التي تم فيها عملية التغذية من جانب واحد ، وفيها تخرج الخطوط المختلفة إلى مواقع الاستهلاك من نقطة واحدة . ويميب هذا النظام أنه إذا حدث قطع أو خلل أو اضطراب أو قصر دائرة في أية نقطة بالشبكة ، فإنه يؤدي إلى انقطاع التيار عن جزء كبير من المستهلكين . ويزيد عدد المستهلكين الذين يتأثرون بانقطاع التيار كلما كانت نقطة الخطأ أو الاضطراب قريبة من نقطة التغذية

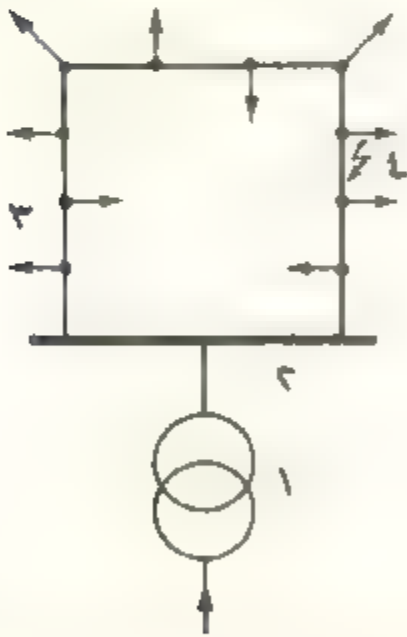
الرئيسية التي تحرج منها خطوط التغذية . ومثل هذه الشبكات لا تستخدم في تغذية المصانع الكبيرة ، حيث أن انقطاع التيار عن المصانع يؤدي إلى خسارة جسيمة ، نقص في الإنتاج ويفصل استخدام هذه النظم في تغذية المدن والمحال التجارية الصغيرة التي لا تتأثر كثيراً عند انقطاع التيار . وتتميز هذه النظم بقلة تكاليف إنشائها وصيانتها .

٢ - نظام التغذية الحلقية (نظام التغذية بالحلقة المغلقة) :

يبين شكل (٧٥) شبكة حلقية مغلقة بواسطة محو . وهي إحدى نظم لتغذية المغنقة . ويتميز هذا النظام بعدم تأثر عدد كبير من المستهلكين عند حدوث أى عطل أو قطع أو اضطراب يؤدي إلى قطع التيار عند أى نقطة من الشبكة . ويعيب هذا النظام ارتفاع تكاليف إنشائه وصيانتها . ويفصل في نظام التغذية حلقى مراعاة أبعاد وأطوال الموصلات المستخدمة فيه وحسابها بدقة بحيث لا يؤدي صغر مساحة مقطع الموصلات إلى انخفاض الجهد لدى المستهلكين الموجودين في نهاية الحلقة ، وخاصة إذا حدث الخطأ أو القطع عند نقطة من النقط القريبة من القصب الرئيسي .

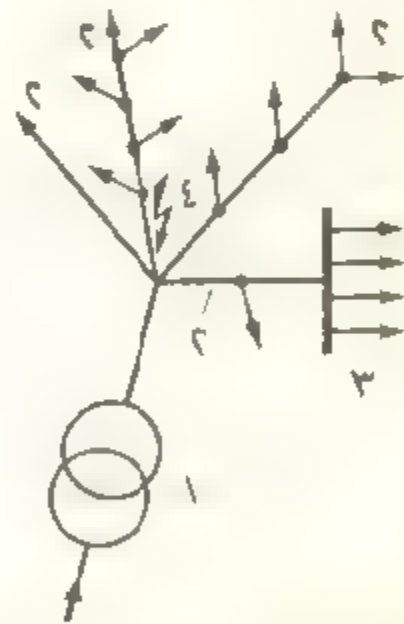
٣ - نظام التغذية النجمي :

يبين شكل (٧٦) نظام التغذية النجمي ، وهذا النظام يجمع بين مميزات الشبكات الحلقية والإشعاعية . ويستخدم مثل هذا النظام لتغذية الأحيال المتباعدة حيث يسمح بإضافة بعض المحولات إلى الشبكة في حالة زيادة الحمل في منطقة معينة ، كما يسمح بفصلها في حالة نقص الحمل . ويعيب هذا النظام زيادة تكاليف إنشائه .



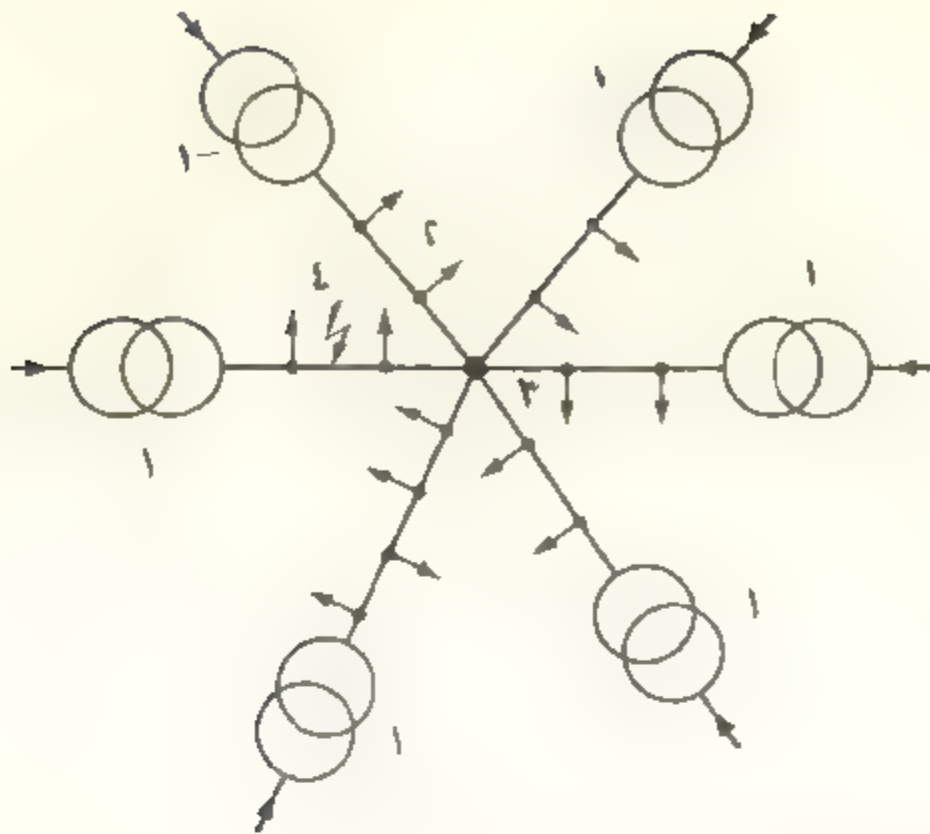
الشكل (٧٥) نظام التغذية الحلقى (شبكة حلقية)

- ١ - محول تغذية .
- ٢ - قضبان مجمعة للتغذية
- ٣ - فرع
- ٤ - موضع الخطأ

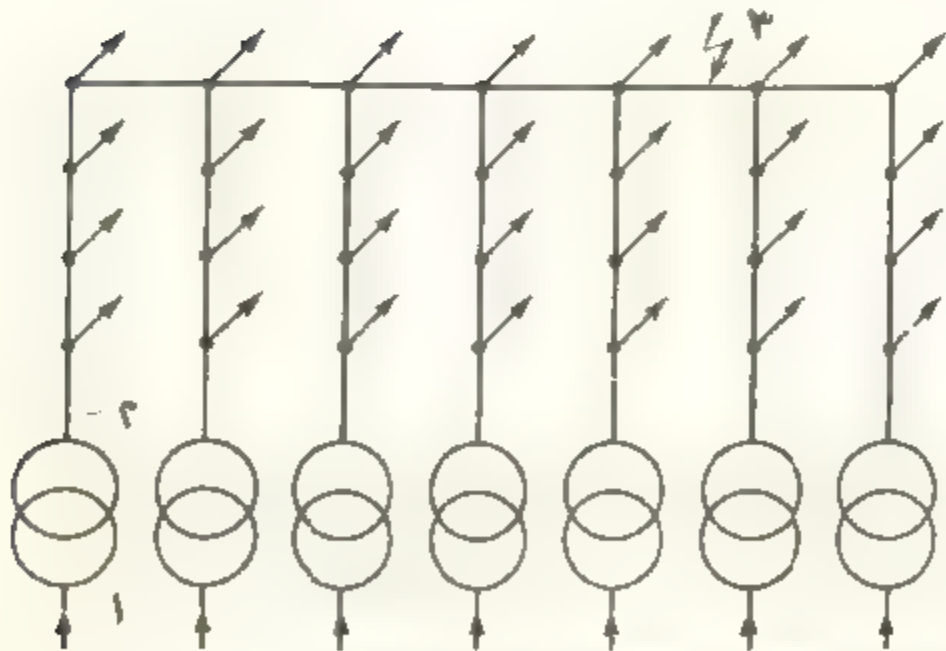


الشكل (٧٦) نظام التغذية الإشعاعى (شبكة إشعاعية)

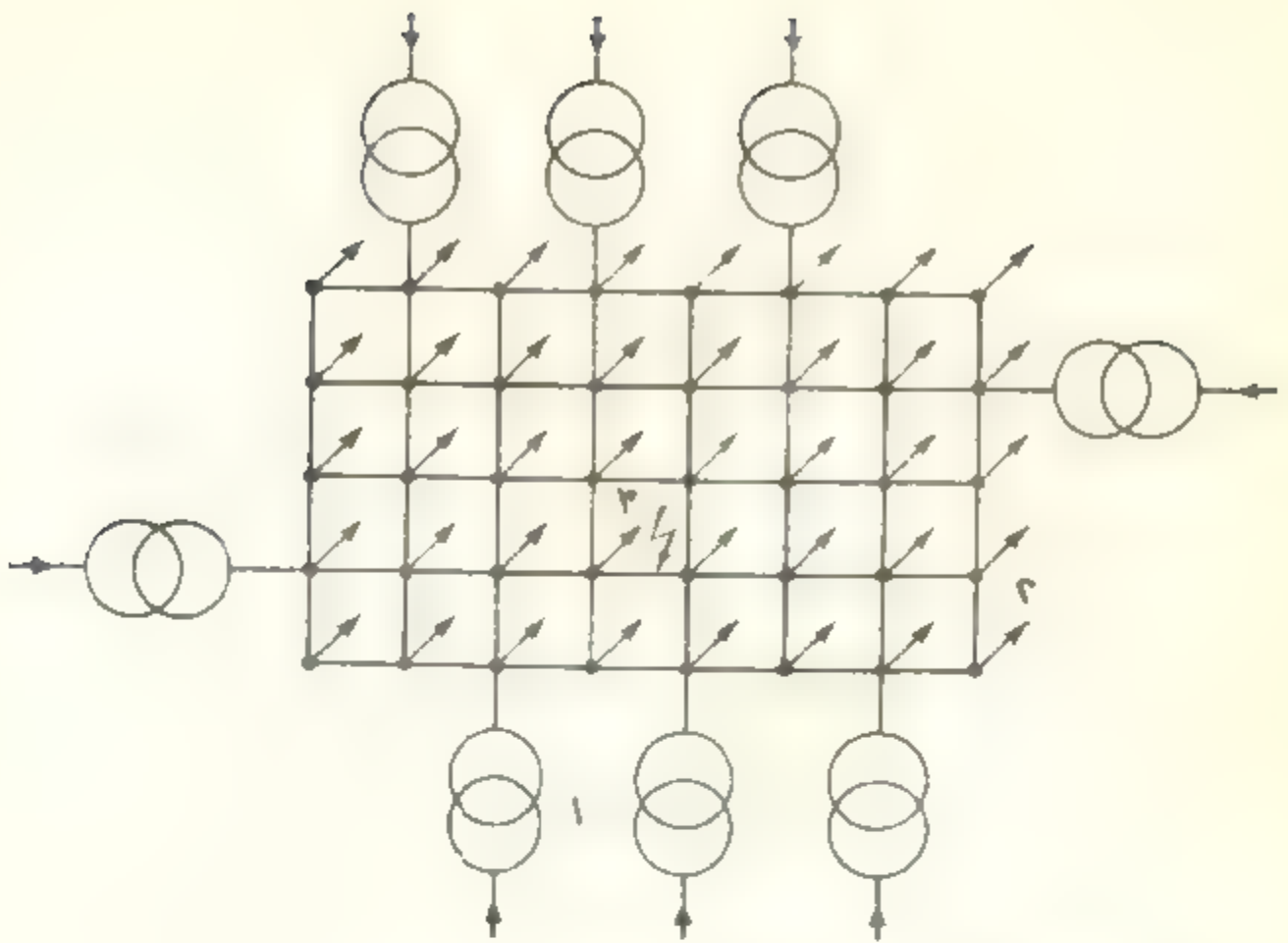
- ١ - محول تغذية
- ٢ - الخطوط
- ٣ - محطة محولات
- ٤ - موضع الخطأ



الشكل (٧٦) نظام التوزيع النجمي (شبكة نجمية)
 ١ - محول تغذية
 ٢ - خطوط التغذية
 ٣ - نقطة التعادل
 ٤ - موضع الخطأ



الشكل (٧٧) نظام التوزيع المشط (شبكة على هيئة المشط)
 ١ - محول تغذية
 ٢ - خطوط التغذية
 ٣ - موضع الخطأ



الشكل (٧٨) نظام التغذية الشبكي

١ - محور تغذية ٢ - خطوط التغذية الشبكية ٣ - موضع الخطأ

٤ - نظام التغذية المشطى : (نظام تغذية على هيئة مشط) .

يبين شكل (٧٧) شبكة تغذية مشطية ، وهذا النظام مشتق من نظام التغذية النجمي . في هذا النظام يستبدل بنقطة التغذية الوحيدة خط به أكثر من نقطة تغذية أو خطوط تغذية متقاطعة . ويستخدم مثل هذا النظام في المناطق الصناعية .

٥ - نظام التغذية الشبكي :

يبين شكل (٧٨) نظام تغذية شبكي ، وهذا النظام يعتبر أكثر نظم التوزيع كفاءة . فهو يعطى الحد الأقصى للخدمة المستمرة ، ويستخدم في المدن الكبيرة والمدن الصناعية . ويتميز النظام الشبكي بعدم تأثر أى مستهلك أو مصنع في حالة حدوث تيار قصر أو اضطراب أو خلل يؤدي إلى انقطاع التيار عند أية نقطة من نقاط النظام . ويعيب هذا النظام ارتفاع تكاليف إنشائه وصيانته والعناية به . هذا بالإضافة إلى أن تعقيد هذا النظام يؤدي إلى صعوبة الوصول إلى موضع الخطأ أو الاضطراب أو قصر الدائرة الذي يحدث بالشبكة .

الباب الرابع

وسائل التحكم في الطاقة الكهربائية

يعرف التحكم بأنه القوة الحاكمة التي تحدد تيار الكيماات المؤثرة في الطاقة الكهربائية لدائرة - (الجهد و التيار و المقاومة الخاصة بالدائرة) ، كما يتضمن أيضاً إنقاص أو زيادة هذه الكيماات الكهربائية ، و وصل أو قطع الدوائر الكهربائية لمتصلة هذه .

وتنقسم معدات القطع والوصل ووسائل التحكم إلى قسمين :

أولاً : وسائل التحكم في الجهد العالي .

ثانياً : وسائل التحكم في الجهد المنخفض .

أولاً : وسائل التحكم في الجهد العالي

(٢٢) وسائل القطع والوصل في الجهد العالي :

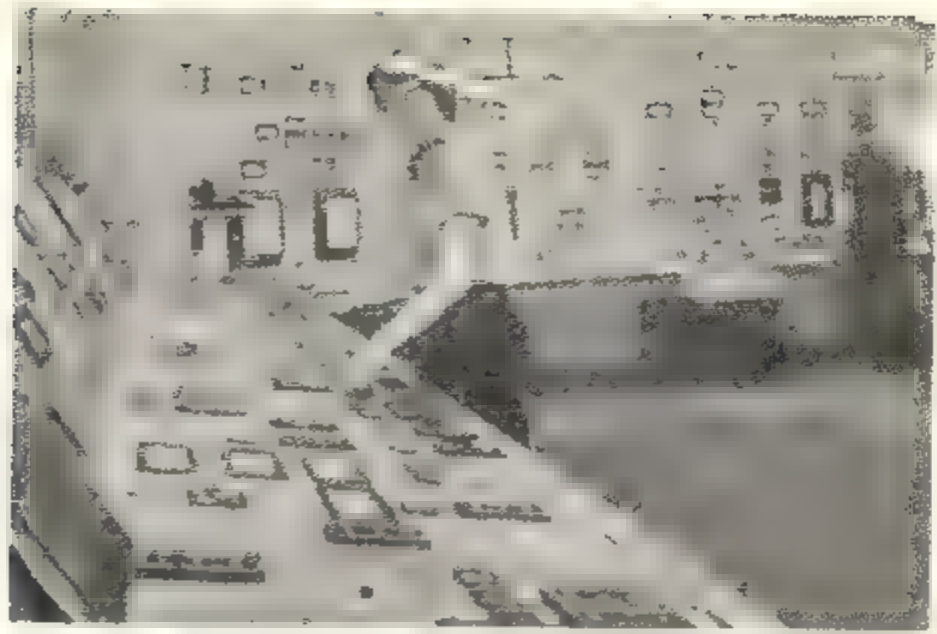
يراعى حالياً في تصميم محطات توليد القدرة الكهربائية الحديثة فصل محطة المفاتيح وأجهزة التحكم عن معدات القطع والوصل للجهد العالي ، كما هو مبين في شكل (٧٩) . و تزود محطة المفاتيح عادة بلوحة أو منضدة توضع عليها المفاتيح وأجهزة التحكم وأجهزة القياس ، ويطلق عليها « لوحة التوزيع » أو « منضدة التوزيع » ، ويتم بواسطتها التحكم في طاقة الكهربائية للجهد العالي . وتنقسم معدات القطع والوصل عادة إلى :

(أ) معدات قطع ووصل داخل المباني .

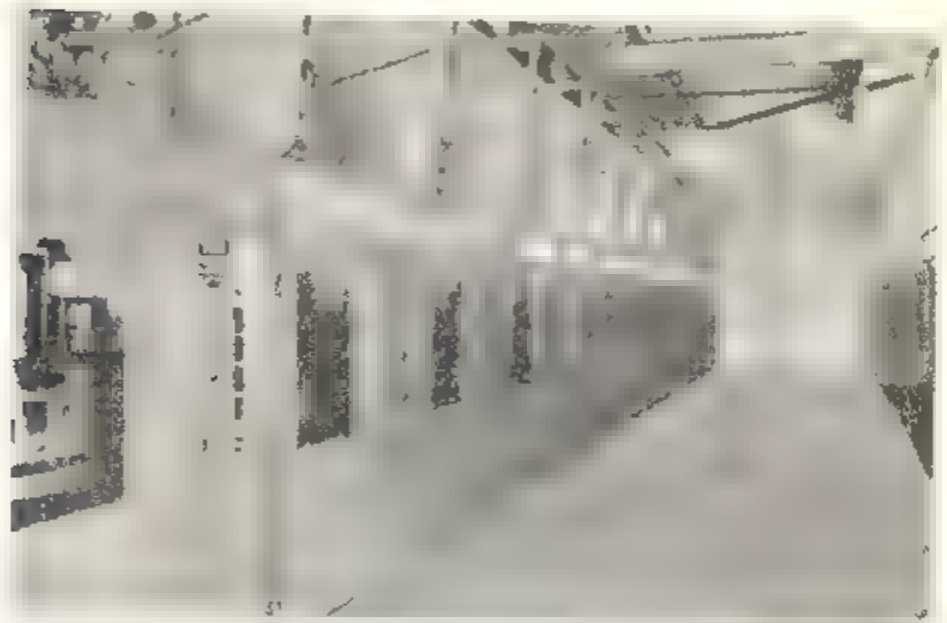
(ب) معدات قطع ووصل خارج المباني .

(أ) معدات القطع والوصل داخل المباني :

تركب معدات القطع والوصل الحديثة داخل مبنى واحد أو مبنيين منفصلين ، وتكون هذه المعدات عادة موضوعة داخل صناديق حديدية مغلقة يحتوي كل صندوق منها على وحدة من وحدات القطع والوصل وقد أصبح من الممكن حالياً استخدام مبنى واحد فقط نظراً لتوفر أجهزة القطع والوصل الصغيرة التي تعمل بدون زيت أو برتيت قليل ، ويبين الشكلان (٨٠ ، ٨١) هذه المعدات داخل المباني .



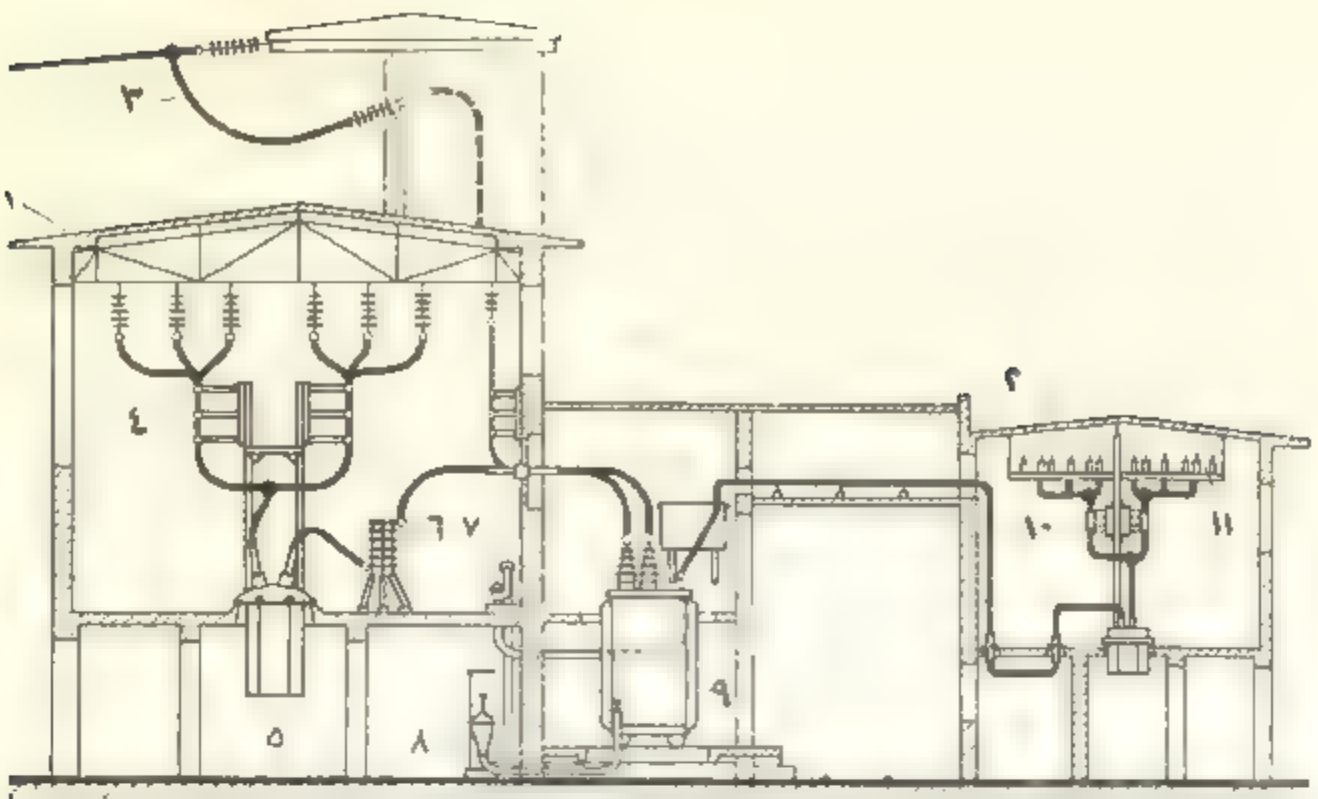
الشكل (٧٩) منظر عام لمحطة المفاتيح المحقة بمحطة توليد اقدرة الكهربائية



الشكل (٨٠) منظر عام لمحطة مفاتيح داخل المبانى

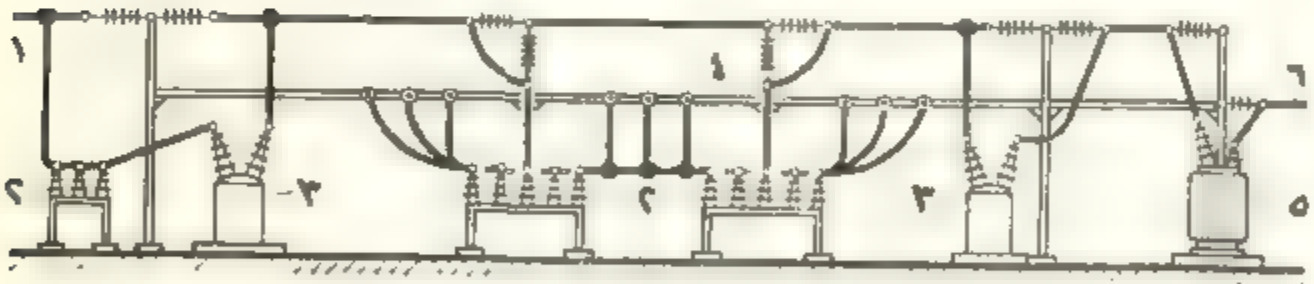
(ب) معدات القطع والوصل خارج المبانى :

يفضل عادة في نظم توزيع الجهد العالى وضع الخطوط الهوائية وترتيبها بحيث يكون بين بعضها البعض مسافة كبيرة كلما أمكن ذلك لتجنب حدوث وميض عار بين الخطوط . لذلك تحتج أجهزة القطع والوصل في الجهد العالى إلى مساحات شاسعة حتى يمكن تركيبها في أماكن مناسبة . ومن الأفضل اقتصادياً وضع هذه المعدات في أماكن مكشوفة في الهواء دون مبانى ، ويفضل في الجهود العالية جداً ترتيب جميع المعدات والأجهزة وتركيبها في وضع أفق . وبين الشكل (٨٢) رسماً تخطيطياً لوضع هذه المعدات أفقياً في الأماكن المكشوفة .



الشكل (٨١) رسم تخطيطي لمحطة مفاتيح داخل المباني خاصة لمحطة محولات

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| ١ - مفاتيح الجهد العالي ١٠٠ ك.ف | ٧ - مضخة دفع زيت التبريد |
| ٢ - مفاتيح الجهد المتوسط ٥ ك.ف | ٨ - وحدة التبريد |
| ٣ - نقطة التغذية | ٩ - محول |
| ٤ - مفاتيح فاصل | ١٠ - مفاتيح فاصل |
| ٥ - مفاتيح قدرة (مفتاح زيتي) | ١١ - صندوق توصيل |



الشكل (٨٢) رسم تخطيطي لمحطة مفاتيح توزيع خارج المباني

- | | |
|------------------|-------------------|
| ١ - نقطة التغذية | ٤ - قضبان التوزيع |
| ٢ - مفاتيح فاصل | ٥ - محول |
| ٣ - مفاتيح قدرة | ٦ - نهاية خروج |

(٣٤) القضبان المجمعة (تضبان التوزيع) :

تعتبر القضبان لمجموعة (تضبان التوزيع) أحد الأجزاء الرئيسية العامة في معدات القطع والوصل والتحكم في الجهد العالى . ويتجمع على هذه القضبان كل الطاقة الكهربائية الناتجة من المولدات كما هي الحال في محطات التوليد ، أو من المحولات كما هي الحال في محطات المحولات . ويستخدم المحاس الأحمر أو الألومنيوم في صناعة القضبان المجمعة . ويختلف شكل مقطع هذه القضبان باختلاف شدة التيار الذى تحمله ، فتستخدم القضبان ذات المقطع الدائرى المصمت إذا كانت شدة التيار المار بها صغيرة ، والقضبان ذات المقطع المستطيل إذا كانت شدة التيار متوسطة ، بينما تستخدم لقضبان ذات المقطع الذى له شكل حرف (U) عندما تكون شدة التيار المار كبيرة . أما إذا كانت شدة التيار كبيرة جداً فتستخدم القضبان ذات المقطع الأنبوبى (الموصلات المفرعة) . وتطلى قضبان التوزيع بطلاء يميز كل قضيب عن الآخر ، وخاصة في نظام التوزيع الثلاثى الأطوار حيث يعطى لكل طور لون معين . ويستخدم الطلاء في الوقت نفسه في تحسين عملية تبريد القضبان . وتعتبر نقط ربط وتوصيل القضبان المجمعة مع بعضها البعض أكثر النقاط تعرضاً للحط ، أو حدوث الشرارة وارتفاع درجة الحرارة . . . إلخ . لذلك تستخدم عادة مسامير مقلوطة وصوامير لربط القضبان بعضها ببعض . وتطلى رؤوس هذه المسامير بطلاء حرارى ، أى بطلاء يتغير لونه إذا ارتفعت درجة حرارة المسامير ووصلت إلى درجة معينة ، ويعتبر هذا دليلاً على أن نقطة الاتصال هذه لم تعد في حالة سليمة ويلزم الكشف عليها لإزالة الخطأ الحادث .

وتنقسم نظم التوزيع المجمعة إلى :

(أ) نظام توزيع بقضبان وحيدة .

(ب) نظام توزيع بقضبان مزدوجة .

(أ) نظام التوزيع بقضبان وحيدة :

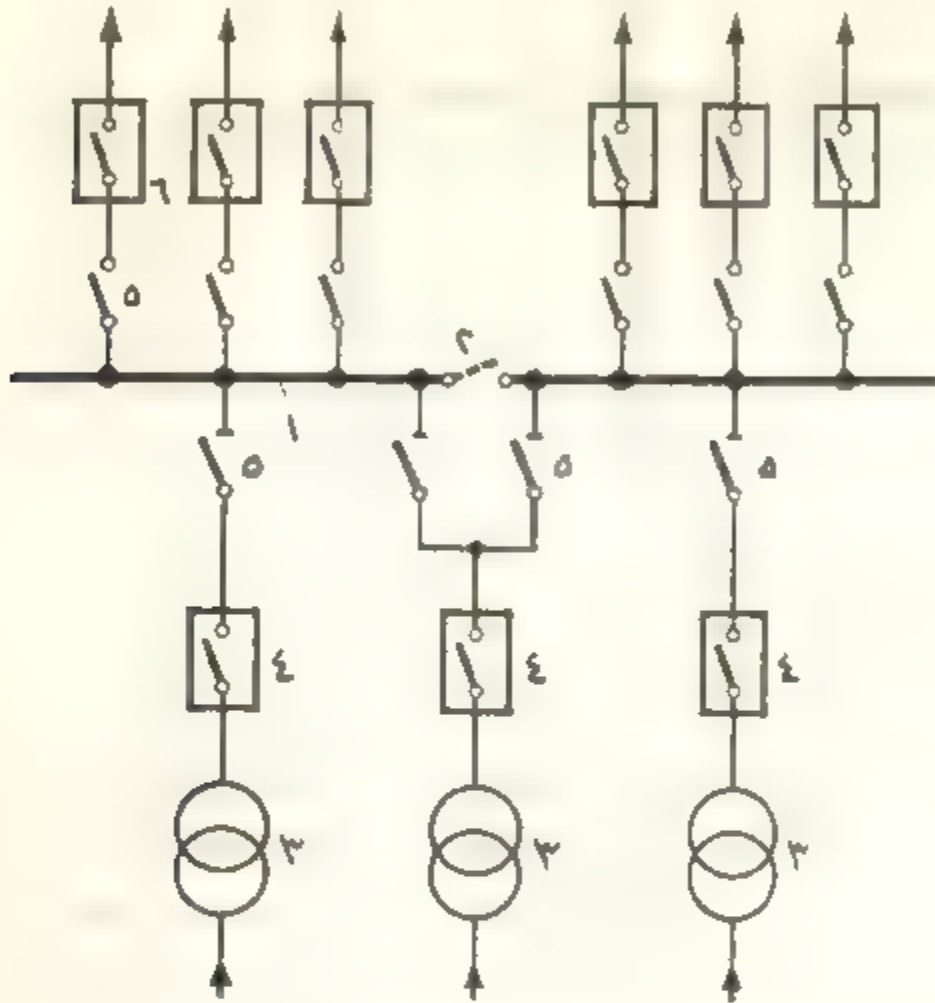
يبين شكل (٨٣) تمثيلاً تخطيطياً لنظام القضبان الوحيدة ، ويتميز هذا النظام بانخفاض تكاليف تصنيعه وإنشائه ، إلا أن له عيوباً خطيرة ، أهمها انقطاع التيار عن الكثير من الأحمال أو عن كل الأحمال المتصلة بها إذا ما حدث أى خطر أو خطأ في هذه القضبان الوحيدة .

كما أن العناية بهذه القضبان وصيانتها لا تتم إلا في الأوقات التى تكون فيها الأحمال أقل ما يمكن . وفي هذه الحالة تفصل الأحمال المتصلة بهذه القضبان ، ويزود المستهلكون بالطاقة الكهربائية اللازمة لهم أثناء عملية الصيانة بواسطة محطة توليد صغيرة .

(ب) نظام التوزيع بقضبان مزدوجة :

يبين شكل (٨٤) تمثيلاً تخطيطياً لنظام القضبان المزدوجة ، وتكاليف إنشاء وتركيب هذا النظام أكبر بكثير من تكاليف إنشاء وتركيب النظام السابق (نظام القضبان الوحيدة) . ويتميز

هذا النظام بالأمان و استمرار الخدمة وكفاءة الأداء . كما أن عمليات صيانتة والعناية به تتم بدقة كافية وفي أي وقت دون حاجة إلى احتياط وقت معين لتقييم بها ، بطراً لوجود قضبان احتياطية يتم عن طريقها تزويد المستهلكين بالطاقة اللازمة . ويمكن في هذا النظام وصل القضيبين بعملاً على التوازي ، أو فصلهم بواسطة مفتاح قدرة مصممة لهذا الغرض .



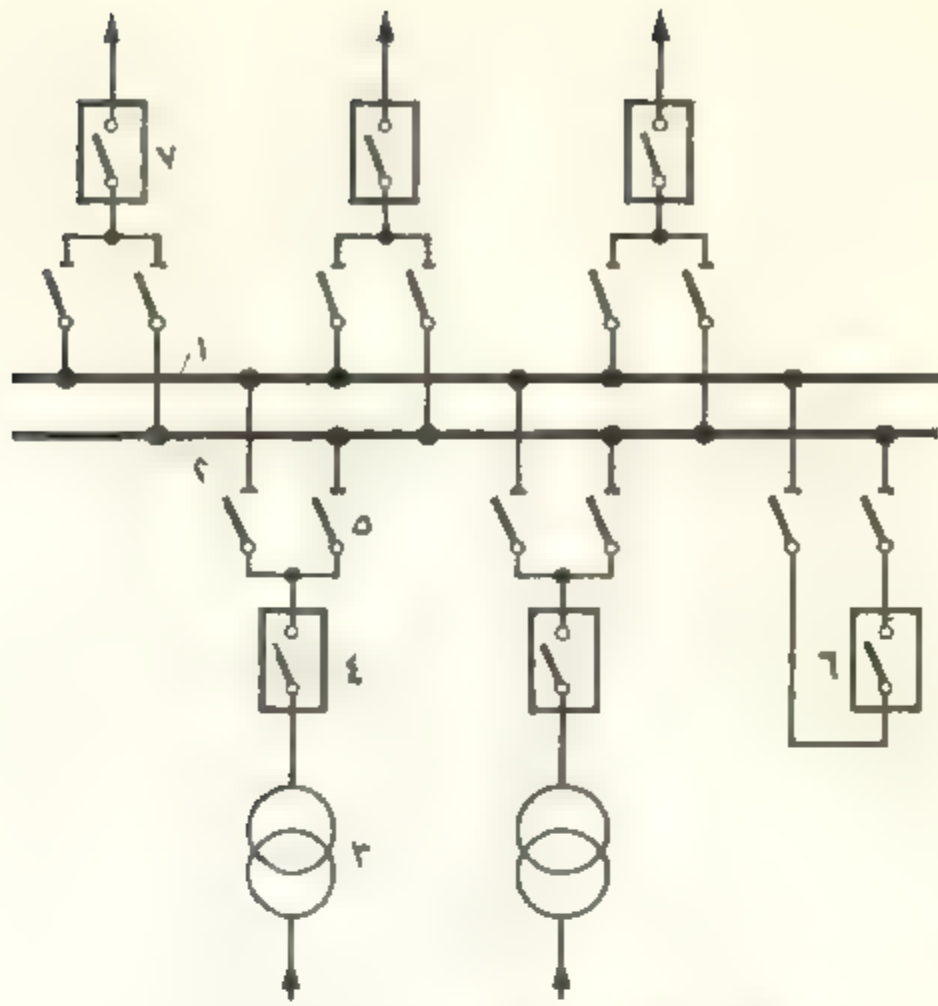
الشكل (٨٣) رسم تخطيطي لنظام تغذية بقضبان توزيع وحيدة

- | | |
|--|----------------|
| ١ - قضبان التوزيع | ٤ - مفتاح قدرة |
| ٢ - معدات قطع ووصل للتغذية في الاتجاه الطويل | ٥ - مفتاح فاصل |
| ٣ - محولات تغذية | ٦ - نهاية خروج |

ويبين شكل (٨٥) رسماً تخطيطياً للتركيبات الخاصة بأجهزة القطع والوصل المستخدمة في نظام القضبان المزدوجة لجهد عال .

(٣٥) مفاتيح الجهد العالي :

توجد عدة أنواع من المفاتيح المستخدمة في قطع أو وصل التيار في الجهد العالي . وفيما يلي وصف لأهم أنواع هذه المفاتيح .



الشكل (٨٤) رسم تخطيطي لظام تغذية بقضبان توزيع مزدوجة

- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| ١ - لقضبان نظام التغذية الأول | ٥ - مفتاح فاصل |
| ٢ - لقضبان نظام التغذية الثاني | ٦ - مفتاح ربط |
| ٣ - محولات تغذية | ٧ - نهايات خروج |

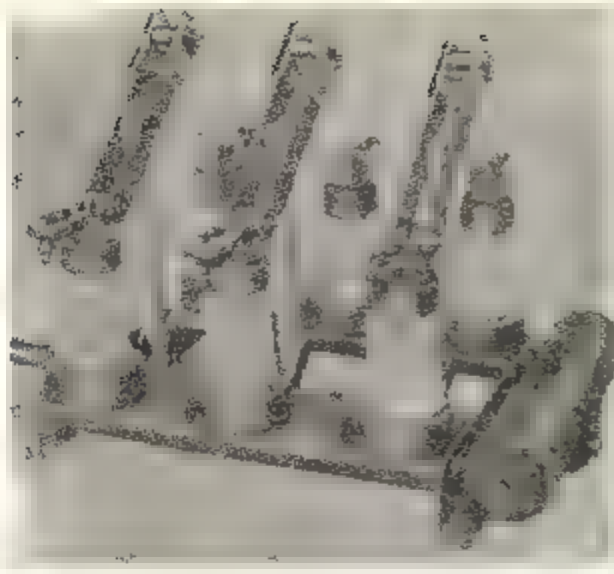
١ - مخصص الفصل :

هي أجزاء موصلة يمكن نزعها أو سحبها من القضبان لقطع التيار . ولا يمكن رفع هذه الأجزاء أو تركيبها في مكانها إلا إذا كانت القضايا غير مكهربة ، أى إذا كانت جميع المعدات والأحبال مفصولة عن القضبان . وتستخدم مخصص الفصل فقط في الحالات التى لا تسمح فيها التركيبات من حيث المساحة أو الفراغ باستخدام مفاتيح انقذرة التى سيأتى شرحها فيما بعد

٢ - مفاتيح الفصل أو سكاكين العزل :

تصمم مفاتيح الفصل لى الجهد الذى لتركب على القضبان داخل الإشاءات ، وهى لا تحتفب كثيراً عن مخصص الفصل . ويجب ألا تعمل هذه المفاتيح إلا إذا كانت جميع الأحبال مفصولة

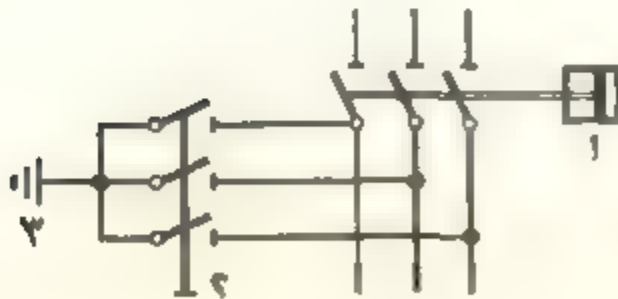
- ١ - دخول الجهد العالي
- ٢ - مانع الصواعق والتمور
- ٣ - مفتاح فاصل
- ٤ - مفتاح تأريض
- ٥ - مفتاح قدرة
- ٦ - محولات التيار والأميترات
- ٧ - محولات الجهد والفولطمترات
- ٨ - مفتاح فاصل
- ٩ - قضبان توزيع
- ١٠ - محولات قدرة
- ١١ - نهايات خروج الجهد المنخفض



الشكل (٨٦) مفتاح فاصل بثلاثة أقطاب

٣ - مفاتيح التأسيس (التوصيل بالأرض) :

تعتبر مفاتيح التأسيس وسيلة من وسائل الحماية والأمان التي يجب توافرها أثناء إجراء عمليات الصيانة و لإصلاح بدلقضبان أو بالشبكة . ومن المفصل دائماً توصيل القضبان بالأرض أثناء عمليات الصيانة عن طريق مفاتيح التأسيس . وتركب مفاتيح التأسيس عادة على نفس القاعدة التي تركيب عليها مفاتيح الفصل . وتزود مفاتيح التأسيس بممرتاح (ترانس) أو بوسيلة ربط ميكانيكية تربطها بمفاتيح الفصل . لذلك يعمل مفتاح التأسيس على التوال مع مفتاح الفصل ، أى يقوم بتوصيل القضبان بالأرض أوتوماتيكياً بعد فصلها . ويبين شكل (٨٧) رسماً تخطيطياً لمفتاح تأسيس بثلاثة أقطاب ، ويتضح من الشكل أيضاً طريقة ربط بمفتاح الفصل وطريقة عمله . ويقوم مفتاح التأسيس بعمل قصر دائرة على القضبان الثلاثة وتوصيلها بالأرض أوتوماتيكياً بعد فصل القضبان مباشرة .



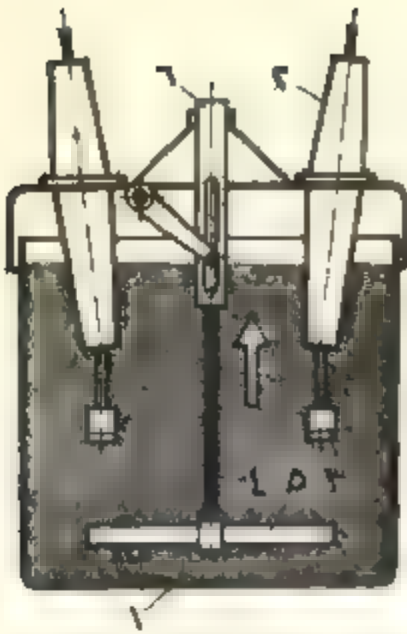
الشكل (٨٧) رمز تخطيطى لمفتاح فاصل يرتبط به مفتاح تأسيس

١ - مفتاح فصل يمس بالهواء المصنوع لإطفاء القوس .

٢ - مفتاح تأسيس يعمل يدوياً .

٣ - توصيلة بالأرض (لربط المفتاح

بأرض رطبة)



شكل (٨٨) رسم تخطيطي لمفتاح زيتي

- ١ - خزان الزيت .
- ٢ - جلبب عازلة
- ٣ - قطع التلامس .
- ٤ - قضيب معزول .
- ٥ - شريحة التلامس (لتوصيل قطع التلامس وفصلها) .
- ٦ - المقبض المستخدم في عملية القطع والوصل .

٤ -- مفاتيح القدرة (معدات القطع والوصل) :

تعتبر مفاتيح القدرة أو معدات القطع والوصل أهم أجهزة التحكم في الجهد العالي . ويراعى عند تصميم مفاتيح القدرة المستخدمة في الجهد العالي أن تكون لها قدرة كبيرة على ما يلي :

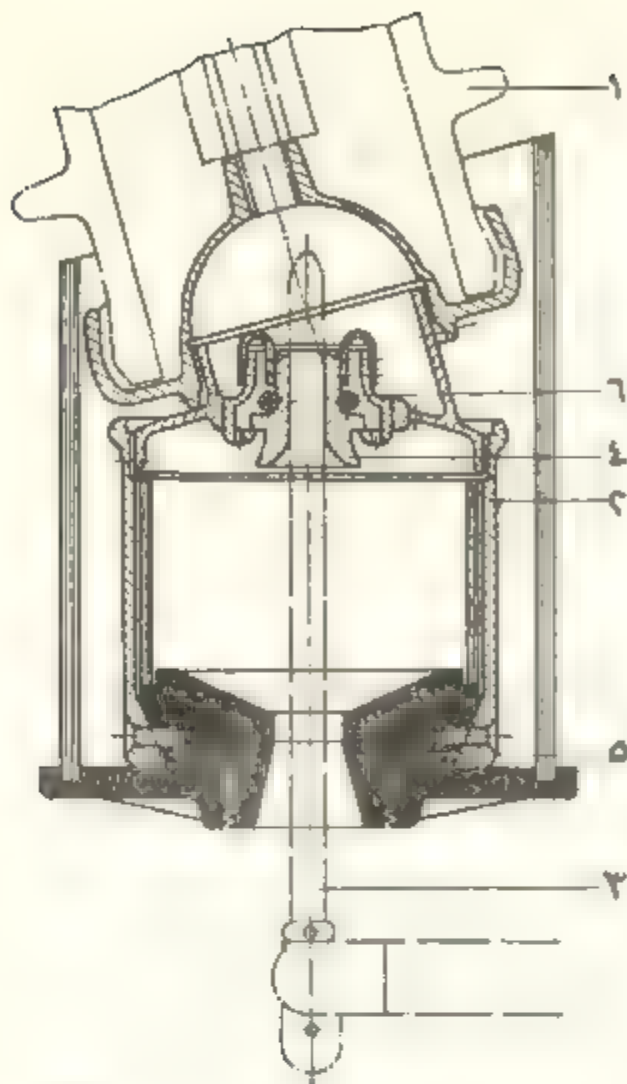
- (أ) قطع ووصل أى تيار تشغيل مهما كانت شدته بمنتهى السرعة والأمان .
- (ب) قطع أى تيار قصر دائرة يحدث بطريقة فجائية في الدائرة .
- (ج) إطفاء أو إخماد القوس الحادث عند انفصال التلامسات ، أى عند قطع التيار ، ويتم ذلك عن طريق وسائل معينة ملحقة بهذه المفاتيح تقوم بإخماد أو إطفاء القوس المتكون عند قطع التيار .

وتقسم مفاتيح القدرة بالنسبة للوسط المستخدم لإطفاء القوس إلى :

- ١ - مفاتيح قدرة بالزيت .
- ٢ - مفاتيح قدرة بدفع الغاز .
- ٣ - مفاتيح قدرة بتمدد الغاز أو السائل .

ويبين شكل (٨٨) رسماً تخطيطياً لأحد مفاتيح القدرة التي تعمل بالزيت ، وبالرغم من أن هذا التصميم قديم إلا أنه ملائم لتوضيح الكيفية التي يعمل على أساسها مثل هذا النوع من المفاتيح . ويبين شكل (٨٩) رسماً تخطيطياً لمفتاح زيتي حديث بوعاء إطفاء ، ويتميز هذا المفتاح من الناحية العملية بعدم احتمال حدوث انفجار به .

يبين شكل (٩٠) تمثيلاً تخطيطياً لحجرة التمدد في إحدى معدات القطع والوصل بتمدد الغاز أو السائل . وفيها يستخدم الماء كوسيلة من وسائل إطفاء القوس . وهذه المفاتيح تتميز أيضاً بقلّة احتمال حدوث أى انفجار بها .



شكل (٨٩) رسم تخطيطي لوعاء إخماد

القوس في مفتاح زيتي

١ - جلبة عازلة

٢ - اسطوانة الانفجار المعدنية .

٣ - بنز التلامس (لتوصيل قطع

التلامس) وفصلها .

٤ - قطع التلامس القابلة للانفصاف

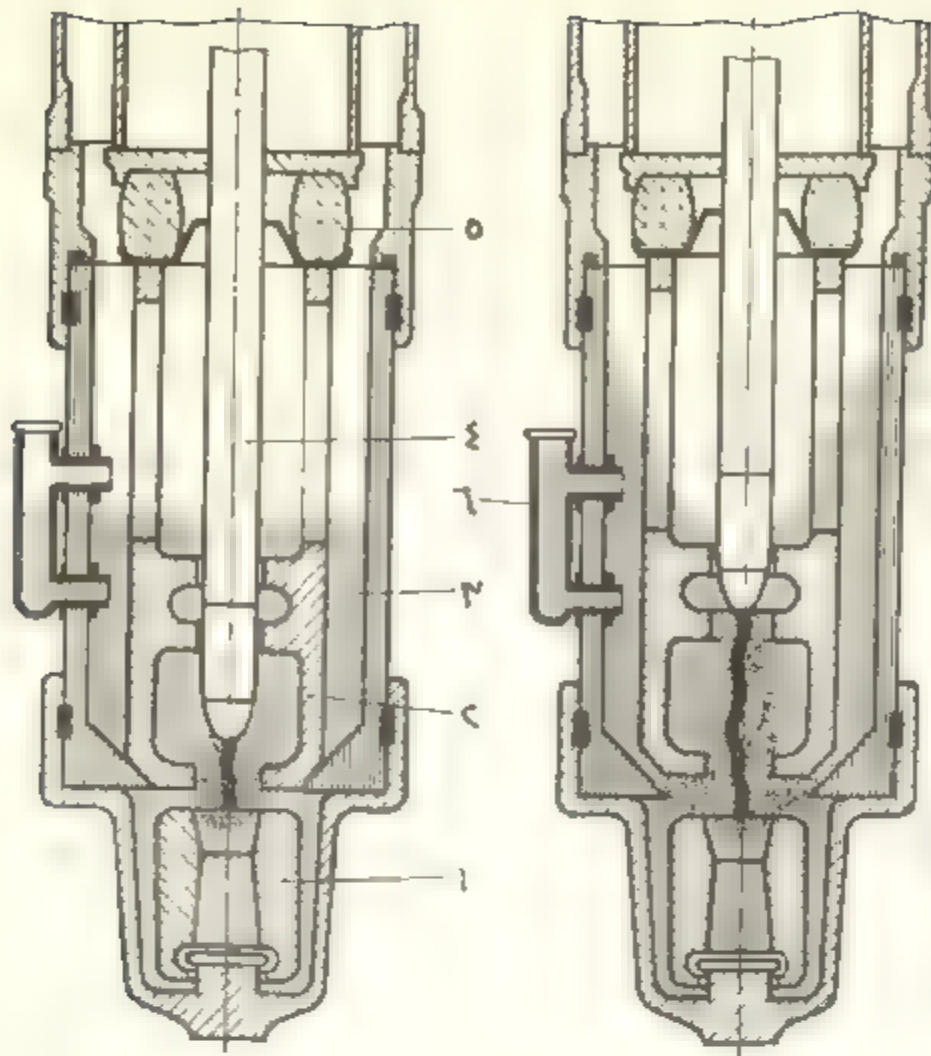
٥ - غطاء وعاء إخماد القوس

٦ - مخزان الزيت .

وبين شكل (٩١) تمثيلاً تخطيطياً لحجرة إطفاء في أحد مفاتيح القدرة بدفع العاز التي يستخدم فيها الهواء المضغوط كوسيلة من وسائل إطفاء الشرارة أو القوس ، وفي مثل هذه الأنواع تقوم المفاتيح تلقائياً بإطلاق الهواء المضغوط لإطفاء القوس .
وتبين الأشكال من (٩٢) إلى (٩٤) عدة تصميمات مختلفة لأنواع مفاتيح القدرة التي سبق شرحها .

(٣٦) مصاهر الجهد العالي :

تعرف مصاهر بأنها وسائل لحماية التركيبات ، والأدوات ، والمعدات الكهربائية أو أي عنصر من عناصر الدائرة الكهربائية ، من التيارات الزائدة أو تيارات قصر الدائرة . وتستخدم مصاهر الجهد العالي (أو مصاهر القدرة العالية) أساساً كوسيلة من وسائل حماية التركيبات والمعدات الكهربائية من تيار قصر الدائرة . وتستخدم المصاهر خاصة في الجهد العالي كبديل لمفاتيح القدرة إذا كان الحيز الذي توجد به التركيبات ضيقاً بحيث لا يسمح بتركيب معدات القطع والوصل التي سبق ذكرها .



الشكل (٩٠) رسم تخطيطي يبين وعاء الإحراق في معدات القطع والوصل التمددية .

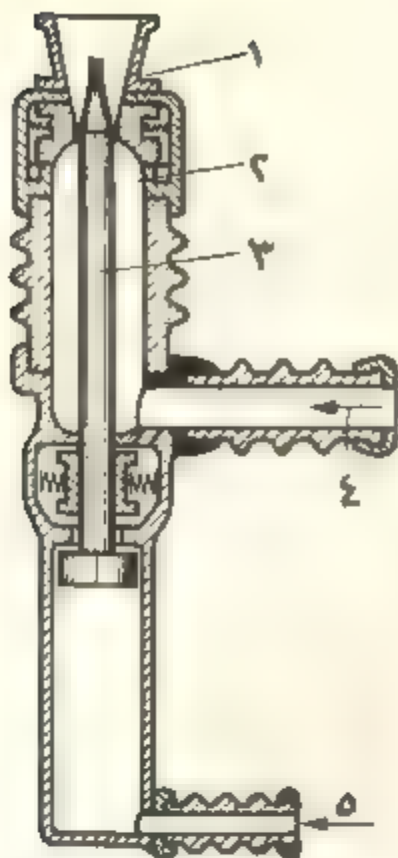
- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ١ - حجرة التلامس | ٤ - بنز التلامس |
| ٢ - وعاء إخماد القوس | ٥ - حلقة قابلة للانضغاط |
| ٣ - حجرة التكثيف | ٦ - ميين مستوى السائل |

وهناك نوعان من المصاهر المستخدمة في الجهد العالي هما :

(أ) مصاهر لها طاقة بيان منخفضة .

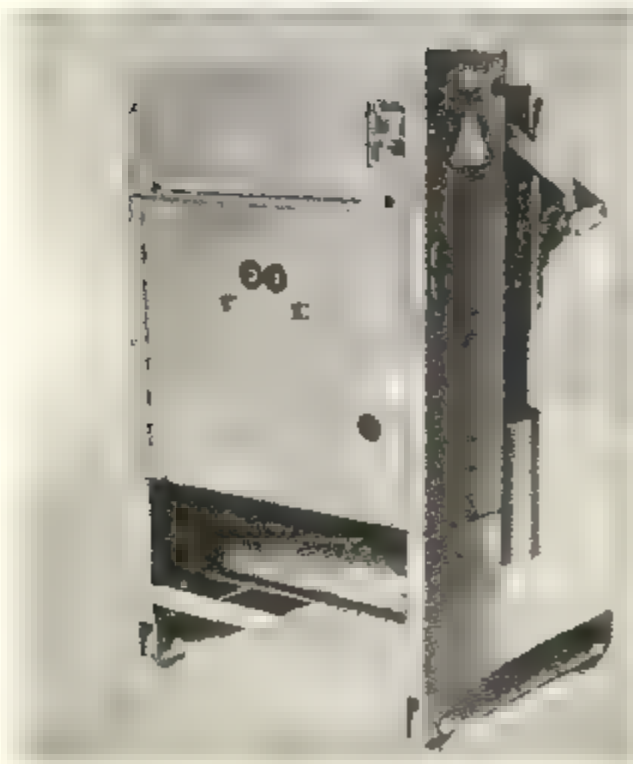
(ب) مصاهر لها طاقة بيان عالية .

وطريقة عمل كل من المصهرين واحدة . إلا أن المصهر الأول مزود بوسيلة لبيان انصهار عنصره بطريقة سهلة ، بينما يرود المصهر الثانى بوسيلة لبيان انصهار العنصر بطريقة قوية ، مثل إحداث صوت أو تشعير مصابيح إشارة أو تشغيل أجهزة إنذار بمجرد انصهار العنصر .

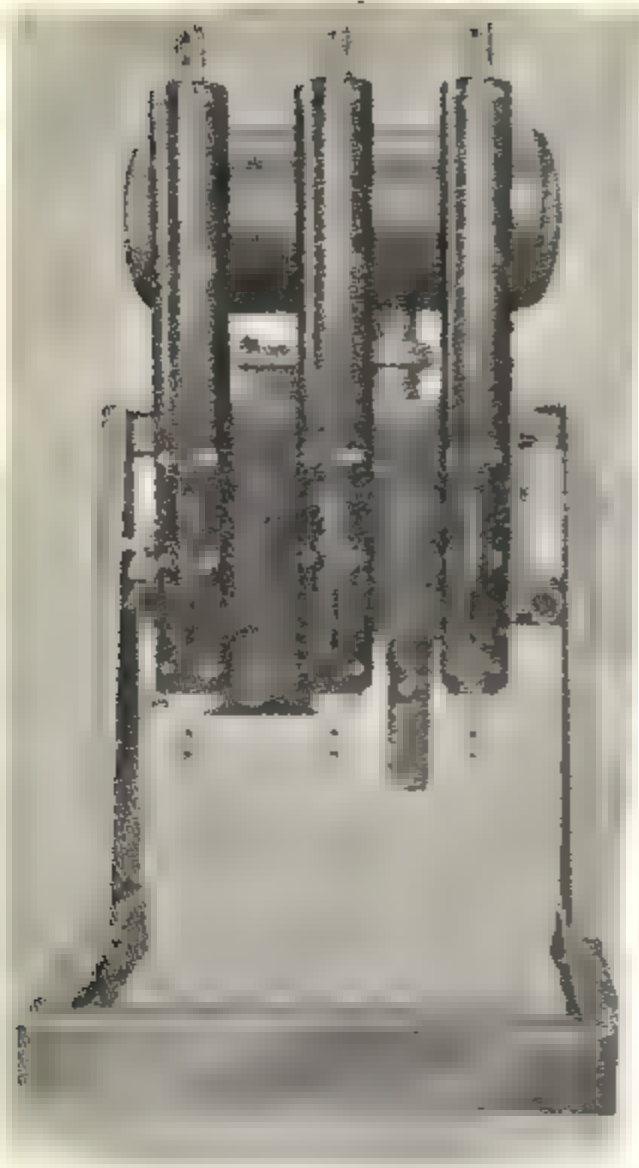


الشكل (٩١) تمثيل تخطيطي لحجرة الإطفاء في مفتاح لدرة يعمل بالغاز المضغوط .

- ١ - قطع التلامس
- ٢ - حجرة الإطفاء
- ٣ - بنز التلامس
- ٤ - اتجاه الغاز المضغوط عند قطع الدائرة
- ٥ - اتجاه الغاز المضغوط عند وصل الدائرة



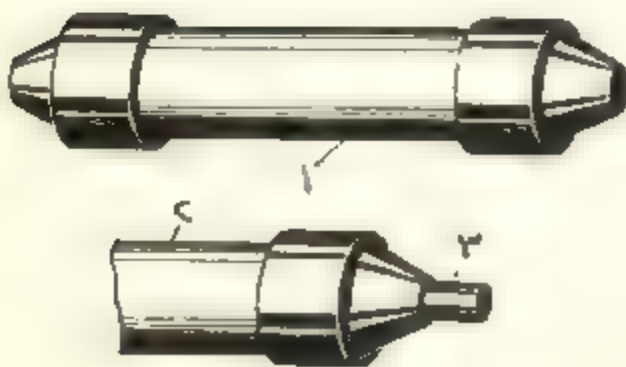
الشكل (٩٢) قاطع دائرة (مفتاح) بملامسات في الزيت



الشكل (٩٤) لاطع دائرة (مفتاح قدرة) يعمل
بالغاز المضغوط



الشكل (٩٣) لاطع دائرة (مفتاح قدرة)
(به معدات تعمل على تمدد القوس لتمهيل
إطفاؤه)



الشكل (٩٥) مصهر جهد عال ذو سعة قطع
كبيرة ، ومزود بوسيلة لبيان الوضع لها
طاقة تشغيل عالية .

- ١ - المصهر - قبل انصهار العنصر
- ٢ - المصهر - بعد انصهار العنصر
- ٣ - مسبار يبرز بقوة بمجرد انصهار العنصر

ويتلخص التصميم الأساسي لوسيلة البيان المستخدمة في لمصهر الأول في وضع عنصر المصهر داخل أنبوب من الصيني ، ويوجد على واجهتي الأنبوب غطاءان معدنيان . ويثبت الغطاءان في مكانهما بواسطة سلك زنركي ملحوم بعنصر المصهر. يدار التيار الخارج بالدارة على حد معين بمصهر العنصر ويطلق لسلك الزنركي ويدفع أمامه إحدى اللوحتين فتسقط ، وذلك يمكن بيان انصهار العنصر بطريقة سهلة .

أما في النوع الثاني من المصاهر فيوضع عنصر المصهر ، في أنبوب محكم تماماً ويملاً بمادة متعجرة . وعند انصهار العنصر تنفجر هذه المادة وتدفع أمامها إبرة تخرج من أحد جوانب الأنبوب لتبين انصهار العنصر . وتستخدم هذه الإبرة أيضاً في تشغيل وسيلة إنذار أو مصابيح إشارة ، ومن هنا أطلق على هذا النوع من المصاهر اسم « مصاهر ذات صدمة بين عالية » ، انظر الشكل (٩٥) وتثبت مصاهر الجهد العالي في حوامل ، وتركب هذه الحوامل على إطار من الحديد المثبت على قوائم عازلة ، وتقوم المصاهر بالعمل الذي يقوم به مفتاح القطع أو خوصصة الفصل . عند زرع لمصهر من حامله ، أو عند انصهار وصلته ، تقطع الكهرباء عن القفزان أو التركيبات التي يلزم القيام فيها بعمليات الصيانة أو الإصلاح .

(٢٧) الإشراف والتحكم في الطاقة الكهربائية بمجهود عال :

تتأثر عمليات التحكم في الجهد العالي بالتحكم في الجهد المنخفض وتؤثر فيه ، وتركب جميع أجهزة التحكم وإشارة والإنذار والقياس وأجهزة التسجيل المستخدمة في الجهد العالي والجهد المنخفض عادة في محطات المفاتيح وفيما يلي شرح لبعض المفاتيح وأجهزة البيان المستخدمة في التحكم والإشراف على الطاقة الكهربائية بمجهود عال .

١ - محطات المفاتيح :

ترود محطات المفاتيح بلوحات أو مساخن يركب بها جميع أجهزة القياس والتحكم وإشارة والإنذار ، كما يركب بها مفاتيح التي تقوم بتشغيل كل هذه الأجهزة والمعدات بطريقة مبسطة وواضحة وتزود هذه اللوحات برسوم تخطيطية مبسطة تبين صلة كل دائرة كهربائية بالدوائر الكهربائية الأخرى وتعيد الرسوم التخطيطية في معرفة كيفية توصيل الدوائر الكهربائية المختلفة ببعضها بعضر وتسهيل عمليات التحكم والصيانة والإصلاح اللازمة كما يمكن بواسطتها معرفة العلاقة بين أجهزة التحكم ببعضها بعضر ، وتأثير تشغيل أي مفتاح أو جهاز من أجهزة التحكم على بقية أجهزة الإنذار أو القياس أو الإشارة على أي معدات أخرى . ولعل الأعراف السابقة ترود معدات القطع والوصل (المفاتيح) وأجهزة التحكم بوسائل لبيان أوضاع تشغيلها ، تفيد هذه الوسائل في معرفة وضع ملامسات المفاتيح إذا كانت مغلقة أو مفتوحة أو إذا كان هناك خطر أو خطأ بالأجهزة المختلفة .

٢ - وسائل بيان أوضاع تشغيل المفاتيح :

يوجد الكثير من وسائل بيان أوضاع تشغيل المفاتيح وأجهزة التحكم التي تفيد في معرفة حالة الدوائر الكهربائية لتسهيل الإشراف عليها ومراقبتها لمعرفة ما إذا كانت مفتوحة أم مغلقة . وتنقسم وسائل البيان التي تزود بها المفاتيح عادة إلى :

(أ) وسائل بيان صوتية .

(ب) وسائل بيان ميكانيكية .

(ج) وسائل بيان مزدوجة .

(د) وسائل بيان مسموعة .

ومن وسائل البيان الصوتية مصابيح الإشارة ، والتي يطلق عليها المينيات المرئية لأوضاع تشغيل المفاتيح . ومن وسائل البيان المسموعة المبر ، والجرس ، والصفارة . . . إلخ .

(أ) وسائل البيان الصوتية (مصابيح الإشارة) :

توضع مصابيح البيان عادة في لوحات التوزيع لتبين ظروف أو أوضاع تشغيل الأجهزة والمفاتيح المستخدمة في عمليات التحكم ، ويجب أن تكون زجاجة هذه المصابيح بارزة وظاهرة فوق سطح المنضدة أو لوحة التوزيع حتى يمكن رؤيتها وتظل زجاجة مصابيح البيان عادة بألوان مختلفة ، ويدل كل لون من الألوان المستخدمة في طلاء مصابيح البيان على وضع معين من أوضاع التشغيل للمفتاح . فيدل اللون الأبيض مثلاً على أن المفتاح أو الجهاز أو الدائرة في حالة تشغيل . ويدل اللون الأخضر على أن المفتاح (الجهاز) سليم ومعد للتشغيل . أما اللون الأحمر فيدل على أن المفتاح أو الجهاز لا يعمل وأن هناك خطأ في الدائرة التي يعمل عليها الجهاز . وبذلك يمكن للقائم على عمليات التحكم معرفة الحالة التي تكون عليها المعدات أو الدوائر الكهربائية أو شبكات التوزيع التي يقوم بمراقبتها والتحكم فيها .

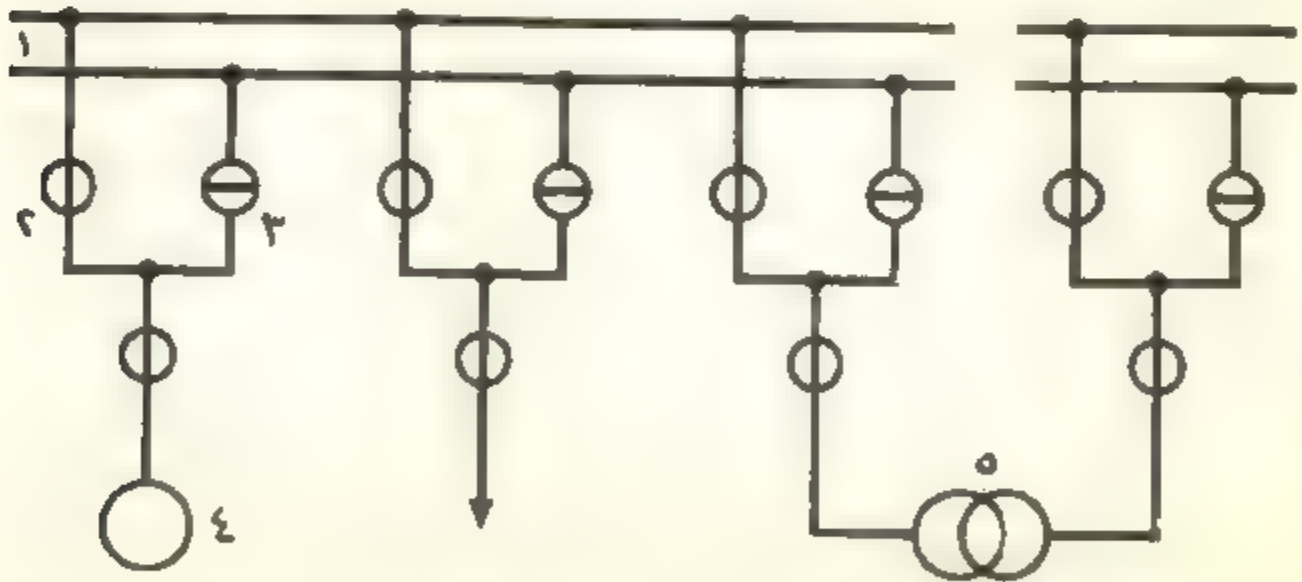
أي أن أجهزة البيان تسهل معرفة ما إذا كانت حالة المعدات والأجهزة سليمة أو في حالة تشغيل أو حالة عدم تشغيل أو بها خلل . وفيما يلي جدول يبين الألوان المميزة المتفق عليها لمصابيح البيان ، ويدل كل لون منها على وضع من أوضاع التشغيل المختلفة .

اللون المميز	الدلالة	مثال
أحمر	خطر	سقوط أحد المولدات
أخضر	عدم وجود أي خطر	التركيبات والأجهزة سليمة ومعدة للتشغيل .
أبيض	حالة تشغيل	أن المولدات تقوم بالتوليد وفي حالة سليمة .

(ب) وسائل البيان الميكانيكية :

وسائل تستخدم لبيان أوضاع لتشغيل المختلفة ، مثل وضع « شغال » (أى بين حالة التشغيل) ، أو وضع « بطل » (أى وضع عدم تشغيل) ، أو وضع « خطر » (وجود اضطراب أو خلل) وتستخدم هذه الوسائل عادة مع المفاتيح لبيان أوضاع التشغيل المختلفة . وبين شكل (٩٧) أحد المفاتيح التى تستخدم فيها وسيلة ميكانيكية لبيان أوضاع لتشغيل العديدة ، وهى فى هذه الحالة عبارة عن قضيب أسود مرسوم فى مركز لوحة معدنية بيضاء مستديرة ، وهذه اللوحة مثبتة على السطح الخارجى الظاهر للمفتاح ، وتثبت اللوحة بالعضو الدوار للمفتاح ، بطريقة معينة ، بحيث يأخذ القضيب الوضع الأفقى عند تحريك المفتاح لقفل الدائرة وفى حالة فتح الدائرة يحرك العضو الدوار للمفتاح فيأخذ القضيب الوضع الرأسى . وفى حالة وجود أى عطل فإن القضيب يأخذ الوضع المائل .

وتزود مثل هذه المفاتيح بمغناطيسين كهربائيين ، بحيث يمر تيار كهربائى فى أحدهما عند قفل الدائرة فيدير العضو الدوار ، وفى هذه الحالة يأخذ القضيب الأسود الوضع الأفقى . أما فى حالة الوضع « بطل » فتفصل الكهرباء عن ملف المغناطيس الأول ، ويفنى مدف المغناطيس الآخر بالتيار الكهربائى فيجذب العضو الدوار ليفصل الدائرة ، وفى هذا الوضع يأخذ القضيب الأسود المرسوم على سطح المفتاح الوضع الرأسى . أما إذا كان هناك عطل كهربائى أدى إلى قطع الكهرباء عن الدائرة ، وبالتالي عن المغناطيسين ، فإن العضو الدوار للمفتاح يأخذ وضعاً يميل ٤٥° على المحورين الرأسى والأفقى ، لأن المفتاح مزود بزنبوك بصمى ووضع العضو الدوار فى هذا الاتجاه عند حدوث عطل كهربائى . وبين شكل (٩٦) رسماً تخطيطياً لوضع مثل هذه المفاتيح فى الدائرة . أما شكل (٩٨) فيبين الاحتمالات المختلفة لأوضاع المفتاح التى تناطر أوضاع التشغيل المختلفة كما سبق شرحه .

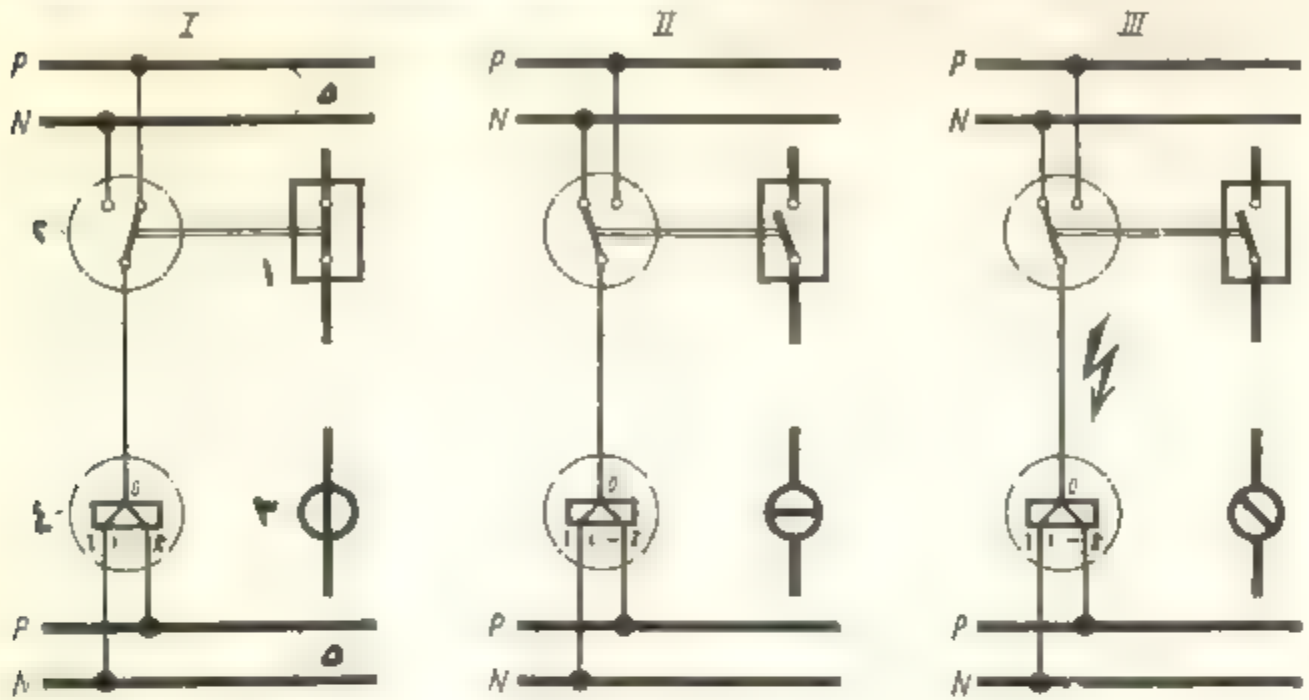


الشكل (٩٦) رسم تخطيطى لوسائل البيان المستخدمة فى معدات القطع والوصل

- ١ - قضبان توزيع
- ٢ - مبدل يدل على أن دائرة التيار مغلقة
- ٣ - مبدل يدل على أن دائرة التيار مفتوحة
- ٤ - المولد
- ٥ - المحول



الشكل (٩٧) مفتاح مزود بمبين لأوضاع التشغيل



- الشكل (٩٨) رسم تخطيطي لمفتاح لدرة مزود بوسيلة كهرومغناطيسية لبيان أوضاع التشغيل
- ١ - مفتاح القدرة
 - ٢ - مفتاح تحكم لتشغيل مبدن أو ضاع التشغيل .
 - ٣ - مبدن أوضاع التشغيل الكهرومغناطيسى
 - ٤ - رسم تخطيطي لدائرة توصيل المبدن .
 - ٥ - مصدر التيار المستمر .

الوضع الأول :

في هذا الوضع يقوم المفتاح بفتح الدائرة . ويأخذ مفتاح التحكم وضعاً معيناً بحيث يمر التيار المستمر خلال المغناطيس الكهربائي لمبدن أوضاع التشغيل من (P) إلى (O) إلى (١) إلى (N) وبذلك يأخذ مبدن أوضاع التشغيل الوضع الرأسي .

الوضع الثاني :

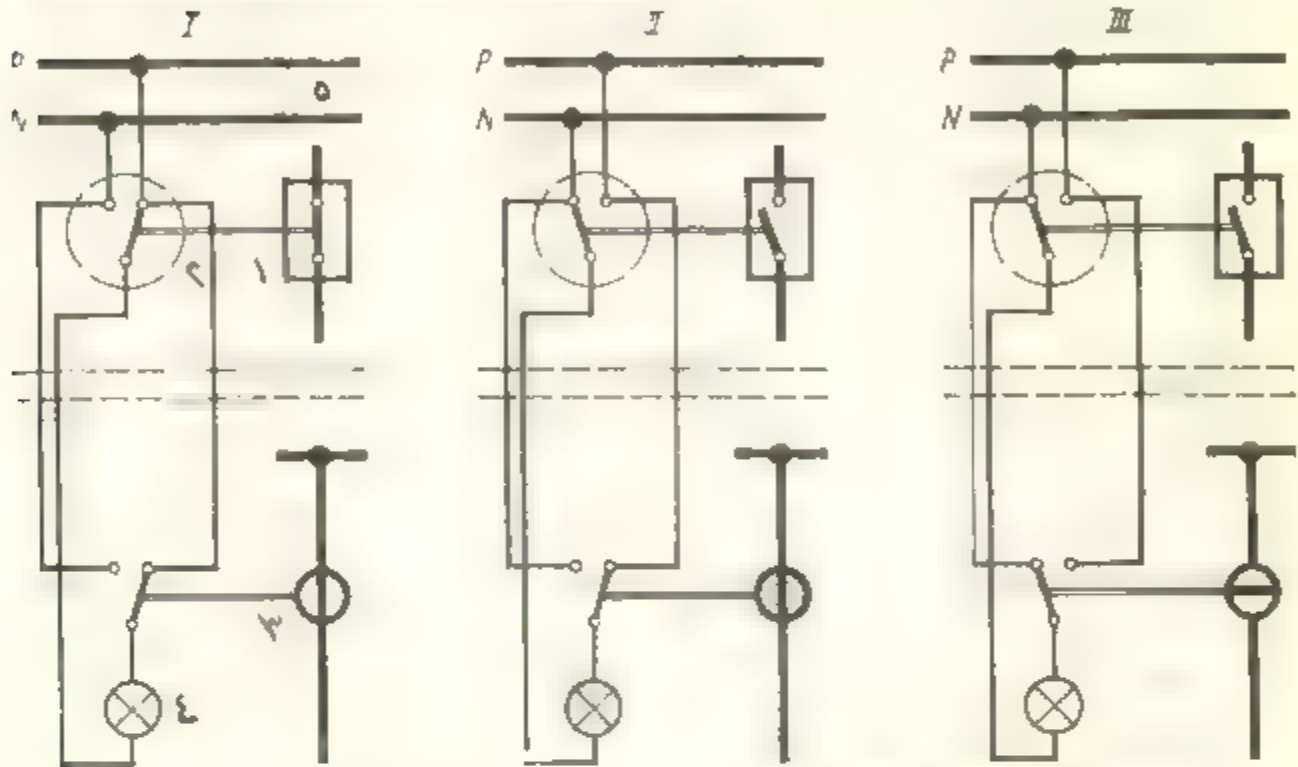
في هذا الوضع يقوم المفتاح بفتح الدائرة . ويأخذ مفتاح التحكم وضعاً معيناً بحيث يمر التيار المستمر خلال المغناطيس الكهربائي لمبدن أوضاع التشغيل في اتجاه عكس الاتجاه السابق فيمر من (P) إلى (٢) إلى (O) إلى (N) وبذلك يأخذ مبدن أوضاع التشغيل الوضع الأفقي .

الوضع الثالث :

هذا الوضع يدل على حدوث عطل بالدائرة ، ولذلك لا يمر تيار المغناطيس الكهربائي فيدفع الهياكل العضو الدوار المبدن بحيث يأخذ وضعاً مائلاً بزاوية ٤٥°



الشكل (٩٩) مفتاح قدرة مزود بوسيلة
كهرمغناطيسية لبيان أوضاع التشغيل



الشكل (١٠٠) رسم تخطيطي لمفتاح قدرة مزود بوسيتين من وسائل البيان .
١ - مفتاح القدرة .
٢ - مفتاح تحكم يرتبط عمله بمفتاح القدرة
٣ - مبرر لأوضاع تشغيل المفتاح وهي مرسومة على مقبض المفتاح (وسيلة البيان الأولى)
٤ - مصباح بيان (وسيلة البيان الثانية) . ٥ - مصدر للتيار المستمر .

الوضع الأول :

في هذا الوضع يقوم مفتاح القدرة بفتح الدائرة . وفي هذا الوضع تدل وسيلة البيان الأولى (المرسومة على مقبض المفتاح) على أن الدائرة مغلقة حيث تأخذ الوضع الرأسي . وفي نفس الوقت تدل وسيلة البيان الثانية (مصباح البيان) على أن المفتاح في وضع التشغيل فتضيء باللون الأبيض .

الوضع الثاني :

في هذا الوضع يقوم مفتاح القدرة بفتح الدائرة . وتدل وسيلة البيان الأولى (المرسومة على مقبض تشغيل المفتاح) على أن الدائرة مفتوحة، حيث تأخذ الوضع الأفقي وفي نفس الوقت تدل وسيلة البيان الثانية أيضاً (مصباح البيان) على أن الدائرة مفتوحة فتضيء باللون الأخضر .

الوضع الثالث :

هذا الوضع يدل على حدوث عطل بالدائرة. وتدل وسيلة البيان الأولى على أن الدائرة بها عطل (فتأخذ الوضع أمثل) وفي نفس الوقت لا يضيء مصباح البيان (الوسيلة الثانية) .

وقد تستخدم مع المفاتيح وسائل بيان صوتية بالإضافة إلى الميكنات الميكانيكية لبيان أوضاع التشغيل . ويطلق على المفاتيح في هذه الحالة اسم « مفاتيح بوسائل بيان مزدوجة » .

(ج) وسائل البيان المزدوجة :

في هذه الحالة تزود المفاتيح بوسيلتين من وسائل بيان أوضاع التشغيل. ويبين شكل (٩٩) أحد المفاتيح من هذا النوع فيه وسيلة اليد الأولى ميكانيكية ، وهي عبارة عن ذراع تشغيل يدل وضعها لأفق على أن المفتاح « شغل » ، ويدل وضعها الرأسى على أن المفتاح « بطل » ، ووضعها المائل على أن هناك عطل . أما وسيلة لبيان الثانية فهي عبارة عن مصباح إشارة (وسيلة بيان صوتية) لبيان نفس هذه الأوضاع المختلفة. وقد تكون إحدى الويلتين موحدة في نفس المكان المستخدم به للمفتاح ، بينما تكون الوسيلة الأخرى في مكان آخر يرتبط تشغيله بتشغيل هذه المفاتيح . ولذلك تستخدم مثل هذه المفاتيح في المحطات التي يرتبط تشغيل كل منها بالأخرى . فإذا أخذ مفتاح ما مركب في إحدى المحطات وضماً معيناً من أوضاع التشغيل ، فإن هذا الوضع يظهر بوضوح في المحطة الأخرى. وهذه الكيفية يمكن معرفة وضع المفتاح والتحكم فيه من المحطات الأخرى إذا لزم الأمر . ويبين شكل (١٠٠) نوعاً من أنواع هذه المفاتيح .

(د) وسائل البيان المسموعة :

بالإضافة إلى وسائل البيان الصوتية والميكانيكية والمزدوجة فإنه توجد وسائل بيان مسموعة ذات تصميم يلائم أعراس التحكم والإشراف على الطاقة الكهربائية بمجهود عال أو بمجهود منخفض. ومن أمثلتها البقير . والجرس ، والصفارة . وسيأتى شرح هذه الوسائل جميعاً في وحدة الاتصالات السلكية وللأسلكية عند الكلام عن أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى إشارات مسموعة .

(ثانياً) وسائل التحكم في الجهد المنخفض

(٣٨) عام :

تستخدم للتحكم في الجهد المنخفض نفس العناصر والوسائل المستخدمة للتحكم في الجهد العالى ، وتقوم هذه الوسائل أيضاً بالتحكم في الكيوت الكهربائية وفي قطع ووصل الدوائر الكهربائية في الجهد المنخفض . ويختلف تصميم هذه الوسائل عن تصميم وسائل التحكم في الجهد العالى ، حيث أن مقننات التيار أو جهد في وسائل تحكم الجهد المنخفض أقل بكثير من تلك المستخدمة في الجهد العالى . ولذلك فهي أصغر حجماً وأقل في مستوى العزل والأداء من وسائل الجهد العالى . وفيما يلى شرح لأهم المفاتيح ووسائل التحكم المستخدمة في الجهد المنخفض، مع شرح مبسط لطرق تركيب وعملها وكيفية توصيلها مع الدوائر الكهربائية .

(٣٩) وسائل القطع والوصل في الجهد المنخفض :

تعتبر الوسائل الآتية من أهم الوسائل المستخدمة في قطع ووصل التيار في الجهد المنخفض :

- ١ - المفاتيح .
- ٢ - بادئات التشغيل .
- ٣ - عناصر التحكم .
- ٤ - وسائل القرون الكهربائية (أى وسائل التوصيل بين سلك قابل للحركة وآخر ثابت) .
- ٥ - المصاهر

وفيما يلي جدول بين المقارنة بين الأنواع المختلفة لوسائل التحكم ومعدات القطع والوصل في الجهد المنخفض :

المصدر	وسائل القرن	عناصر التحكم	مادئات التشغيل	المفاتيح
مصادر خطوط التغذية.	وسائل قرن بعلامات محسية .	ريوستات المجال لتنظيم الجهد .	بادئات تشغيل بمقاومات على هيئة صفائح أو شرائح بسطحة، أو بادئ تشغيل على شكل طبل .	أنواع المفاتيح : (أ) تصنيف المفاتيح تبعاً لطريقة أدائها ، مثل مفاتيح التحكم ، المفاتيح العادية ومفاتيح التلامس
مصادر ذات قواطع أوتوماتيكية .	وسائل قرن بعلامات غير محسية .	وسائل التحكم في السرعة لضبطها وتغييرها	بادئ تشغيل بمقاومة على هيئة سائل .	(ب) تصنيف المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها مثل مفتاح يدوي ، أو مفتاح بالقدم أو مفتاح التحكم من بعد (بطريقة كهرمغناطيسية أو بواسطة محرك أو بواسطة الهواء المضغوط) .
	قابس ومقبس عادي أو قبابس ومقبس حائط .			(ج) تصنيف المفاتيح تبعاً لنوع الأجهزة التي تستخدم فيها ، مثل وسائل المتق والمرحلات .



الشكل (١٠١) رمز تخطيطى لمفتاح تحكم

- ١ - مفتاح عادى يعمل يدوياً
- ٢ - مفتاح عادى يعمل بالقدم
- ٣ - قاطع دائرة
- ٤ - قاطع دائرة بثلاثة أقطاب
- ٥ - مفتاح قلاب .
- ٦ - مفتاح لدوائر متعددة .

١ - المفاتيح :

يراعى عند استخدام المفاتيح فى الجهد المنخفض أن تكون ملائمة للجهد والتيار اللذين ستستخدم منهما . لذلك يوجد العديد من الطرز المختلفة للمفاتيح المستخدمة فى الجهد المنخفض سواء لقطع أو وصل الدوائر الكهربائية ، أو مفاتيح التلامس المستخدمة فى التحكم فى الكيوت الكهربائية الخاصة بالأجهزة والمعدات المنخفضة (مثل التيار والجهد والعاقبة ... إلخ) . ويبين الجدول السابق أنواع المفاتيح المختلفة وطرق استخدامها . وفيما يلى مسح هذه الأنواع :

- تبين الأشكال (١٠١) ، (١٠٢) ، (١٠٣) أنواعاً من المفاتيح التى تعمل يدوياً أو بالقدم عند الضغط عليها ، وتظل فى وضع التشغيل ولا ترجع إلى مكانها الأصل إلا عند الضغط عليها مرة ثانية عند الحاجة ، ومثل هذه المفاتيح يستخدم فى التحكم فى طاقة كهربائية بقدرة منخفضة .
- يبين الشكل (١٠٤) نوعاً من المفاتيح التى تستخدم مع المحركات للتحكم والإشراف على تشغيل .



الشكل (١٠٣) مفتاح للإنارة المنزلية (خارج الحائط)



الشكل (١٠٢) مفتاح عادى يصلح للتركيبات الكهربائية المنزلية أو أى معدات للإضاءة .

- يبين الشكل (١٠٥) نوعاً من المفاتيح الصامدة للرطوبة والمياه، ويطلق عليها في معظم الأحيان اسم مفاتيح التلامس .
- كما يبين الشكل (١٠٦) نوعاً من أنواع المفاتيح العادية التي تعود إلى وضعها الأصلي أوتوماتيكياً بعد تشغيلها (مفاتيح بعودة ذاتية) .
- ويبين الشكلان (١٠٧) ، (١٠٨) نوعين من مفاتيح التلامس التي تعمل بوسيلة كهروضغطية لتعيده إلى مكانه الأصلي أوتوماتيكياً .

ويبين الشكل (١٠٩) رسماً تخطيطياً لأنواع مفاتيح التحكم من بعد ، وتزود هذه المفاتيح عادة بمحركات صغيرة للتحكم في عناصر أية دائرة كهربائية موصوعة على مسافة بعيدة منها ، كما تبين الأشكال من (١١٠) إلى (١١٢) أيضاً عدة أنواع مختلفة من هذا الطراز .

ويبين الشكل (١١٣) رسماً تخطيطياً لبعض وسائل العتق التي تعتبر هي الأخرى نوعاً من أنواع المفاتيح أو وسائل القطع والوصل التي تعمل نتيجة لتغير أى كمية فيزيائية سبق تحديدها . مثال ذلك وسائل العتق التي تعمل عندما تزيد أو تقل قيمة الجهد أو التيار عن حد معين ، أو تعمل نتيجة لارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن قيمة معينة .

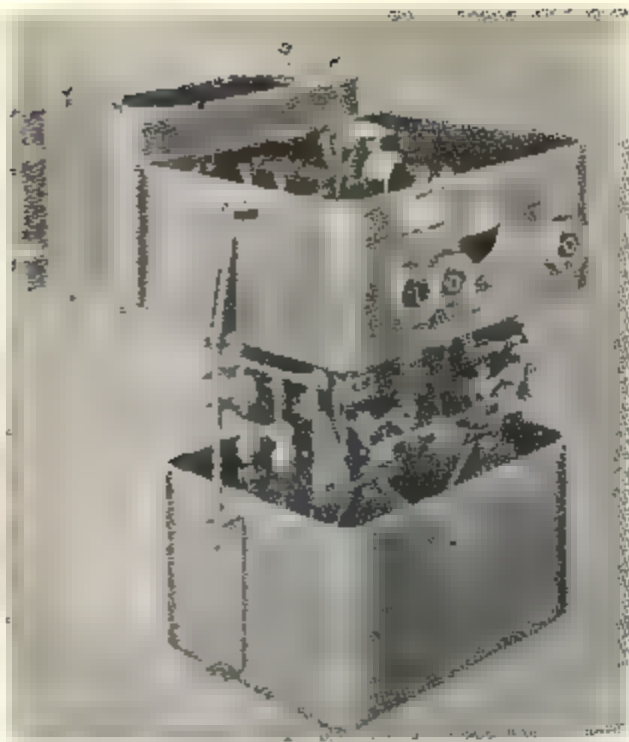
ويبين الشكل (١١٤) رسماً تخطيطياً لأحد أنواع المرحلات . وتسمى المرحلات في بعض الأحيان بالمفاتيح الرئيسية ، وتستخدم للتحكم في العناصر المكونة للدوائر الكهربائية . وهي تختلف عن المفاتيح ووسائل العتق في أنها تعمل إذا سلط عليها جهد معين هو جهد التحكم ، وتعود إلى مكانها الأصلي بمجرد رفع الجهد عنها . وقد يطلق على المرحلات التي تقوم بتشغيل المعدات ذات الأحمال الدلية اسم « مفاتيح التلامس المستخدمة في الأغراض الصناعية » .

٢ - بادئات التشغيل :

تستخدم هذه الوسائل في تشغيل المحركات المتوسطة والكبيرة والتي يخشى توصيلها مباشرة بمصدر التغذية عند بدء تشغيلها ، حيث أن زيادة تيار بدء التشغيل لهذه المحركات قد تؤدي إلى حرقها . وقد تكون بادئات التشغيل على هيئة مقاومات توصل على التوالي بالمحركات عند بدء تشغيلها ، ويتم فصل هذه المقاومات تدريجياً الواحدة بعد الأخرى كلما زادت سرعة المحرك ، حتى تخرج بادئات التشغيل كلها من الدائرة عندما تصل سرعة المحرك إلى السرعة المقننة . وتتلّف وسائل بدء التشغيل عادة إذا ما تعرضت لأحمال كبيرة ولمدد طويلة . ويبين الشكل (١١٥) إحدى وسائل بدء التشغيل الملائمة للمحركات ذات الأحمال الكبيرة والتي تتعرض لعدد كبير من مرات التشغيل والإيقاف . وهي تتكون من عدة مقاومات على هيئة ألواح مبسطة متصلة ببعضها البعض . وبادئات التشغيل التي لها هذا الشكل تسمى بادئات تشغيل على شكل طبل ، وهذا النوع قليل الاستعمال . ويبين الشكل (١١٦) بادئ تشغيل تجارى يستعمل في الأغراض العامة . وفي بعض الأحيان تستخدم السوائل (كالمحلول الصودي مثلاً) كمقاومات بدء التشغيل ، مثل تلك المبينة في الشكل (١١٧) .



الشكل (١٠٥) مفتاح كهربائي مانع
لتسرب الماء إلى داخله

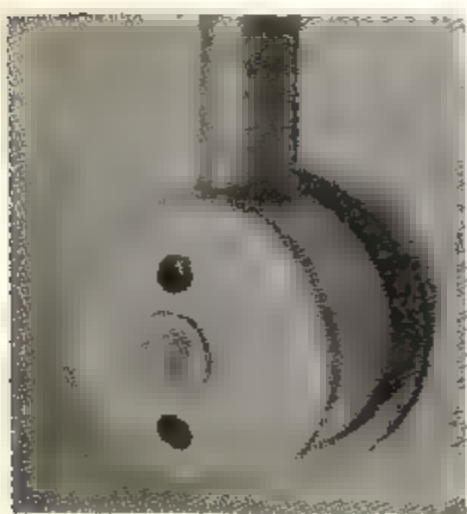


الشكل (١٠٤) مفتاح للاستخدام في إدارة
المحركات .

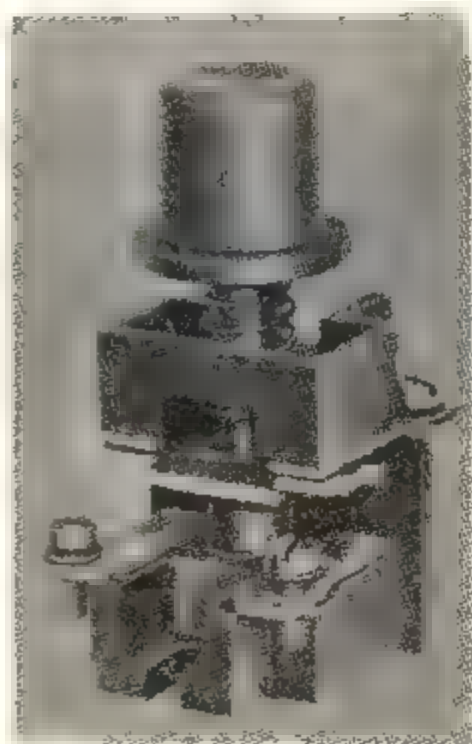


الشكل (١٠٦) رمز تخطيطي لمفاتيح السكينة
١ - مفتاح توصيل
٢ - قاطع .
٣ - مفتاح ثنائي القطب للقطع والوصل .

الشكل (١٠٧) مفتاح لتر كيب في لوحات التوزيع



الشكل (١٠٨) مفتاح سكينة للاستخدام
في إدارة السلم



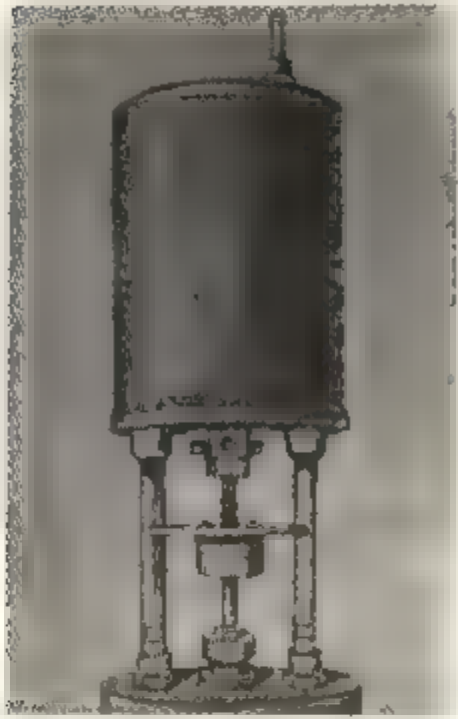
الشكل (١٠٩) رمز تخطيطي للأشكال

المختلفة لماتيج التحكم من بعد

١ - مفتاح يعمل بمغناطيس كهربائي

٢ - مفتاح يعمل بمحرك كهربائي

٣ - مفتاح يعمل بالهواء المضغوط



الشكل (١١١) مفتاح تحكم من بعد
يعمل بواسطة محرك كهربائي

الشكل (١١٠) مفتاح تحكم من بعد يعمل بواسطة
مغناطيس كهربائي



الشكل (١١٢) مفتاح تحكم من بعد يعمل
بواسطة الهواء المضغوط

الشكل (١١٣) رمز تخطيطي للأشكال المختلفة
لوسائل العتق

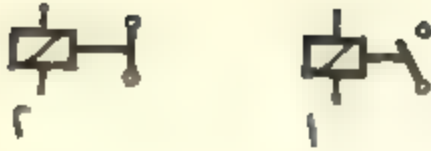
١ - وسيلة عتق تعمل بالحرارة

٢ - وسيلة تعمل عند ارتفاع الجهد

٣ - وسيلة عتق تعمل عند انخفاض شدة التيار



الشكل (١١٤) رمز تخطيطي لأنواع المرحلات



١ - مرحل يعمل عند فتح الدائرة

٢ - مرحل يعمل عند غلق الدائرة

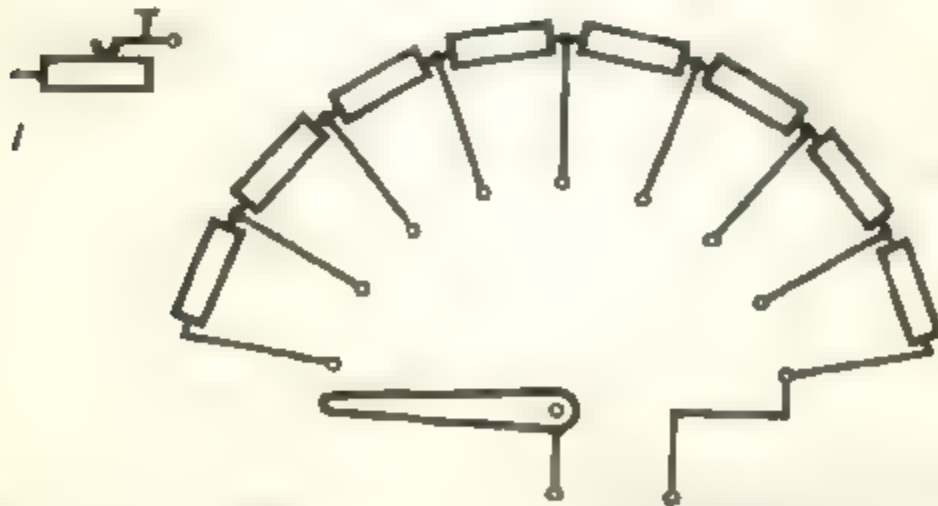
٣ - عناصر التحكم :

هي عناصر تستخدم لتغيير أوضاع تشغيل الآلات الكهربائية ، مثال ذلك عناصر التحكم المستخدمة لتغيير سرعة المحركات أو تغيير إثارة المولدات أو ضبطها حسب الحاجة . وعناصر التحكم نفس مميزات عمل بادئات التشغيل ونفس تصميمها ، إلا أنه يمكن تحميلها لمدد طويلة . والبادئات المستخدمة للتحكم في سرعة المحركات وضبطها مشابهة لعناصر التحكم تماماً ، غير أنه يقتصر تشغيلها على تنظيم سرعة المحركات وليس لأغراض بدء تشغيلها .

٤ - وسائل القرن :

تستخدم هذه الوسائل عادة لتوصيل مصادر التغذية الثابتة بالأجهزة أو الآلات غير الثابتة أو المتحركة أو القابلة للنقل . ومثال ذلك توصيل أجهزة الراديو أو السماعات أو المصابيح المتنقلة أو المشابك اليدوية أو الخلاطات بمصادر التغذية . وتبين الأشكال من (١١٨) إلى (١٢١) أكثر نظم القرن استعمالاً وشيوعاً ، وأهمها القابس والمقبس .

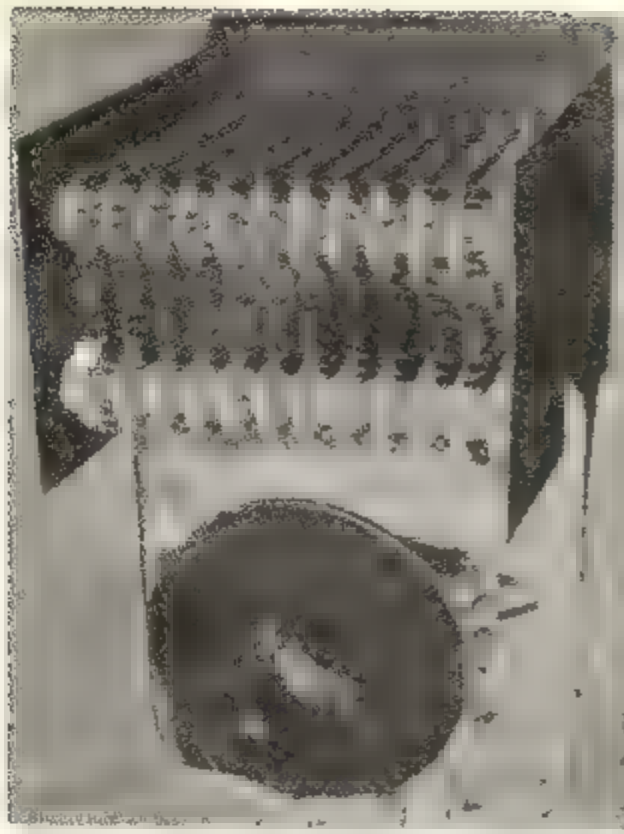
وتستخدم في بعض هذه الوسائل بالإضافة إلى الملامسات الحية ملامسات للحماية ، لتوصيل الأجهزة بالأرض خلال هذه الملامسات المؤرّضة أو لتوصيل الأجهزة بنقطة التعادل . وعند وضع المقبس في القابس يدخل ملامس الحماية في ثقب القابس المؤرّض قبل دخول بقية الملامسات الحية في ثقبها .



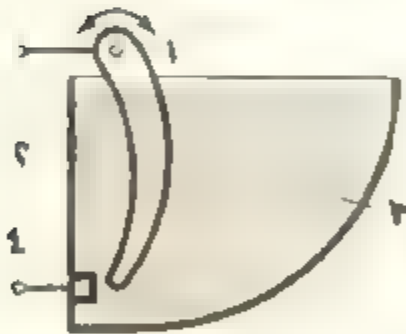
الشكل (١١٥) وسيلة بدء التشغيل .

١ - رمز تخطيطي لوسيلة بدء تشغيل .

٢ - رسم تخطيطي لوسيلة بدء تشغيل مكونة من مقاومات مستطحة .



الشكل (١١٦) منظر عام لوسيلة بدء تشغيل عادية



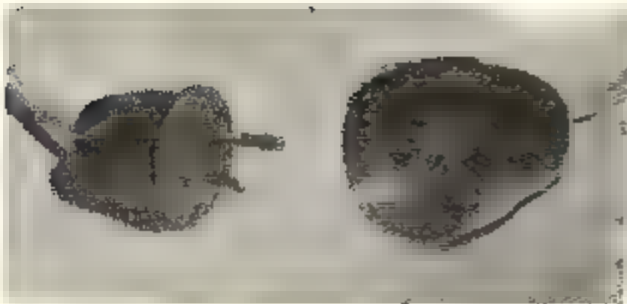
الشكل (١١٧) رسم تخطيطي لوسيلة بدء تشغيل بالسائل

١ - قطعة تماس دوارة على شكل قوس

٢ - وعاء من البلاستيك

٣ - سائل إلكتروني

٤ - قطعة تماس



الشكل (١١٨) قابس ومقبس بدون وسيلة

تأريض (الحماية)

١ - مقبس يستخدم كقارن لقابس ثابت أو متحرك

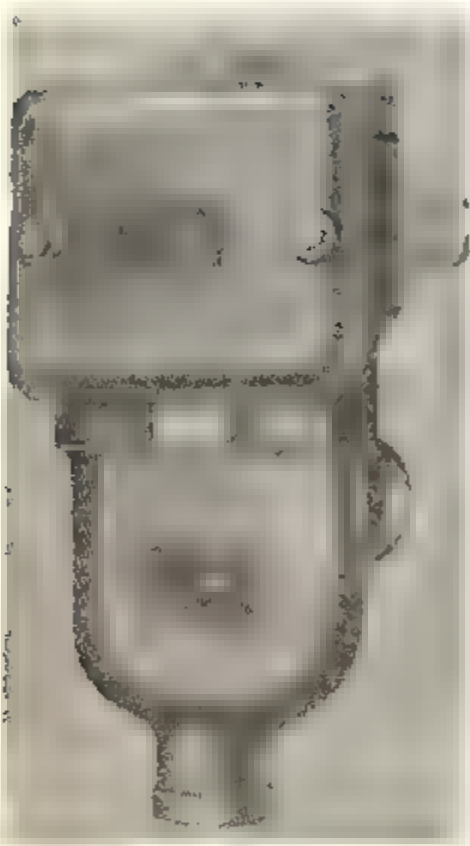
٢ - قابس ومقبس متحركين



الشكل (١١٩) قابس ومقبس مزودان بوسيلة بأريضر للحماية

(أ) قابس ثابت يستخدم معه مقبس قابل للحركة

(ب) قابس ومقبس كل منهما قابل للحركة .



الشكل (١٢١) قابس ومقبس بطاقة عالية

(طراز فيروود)

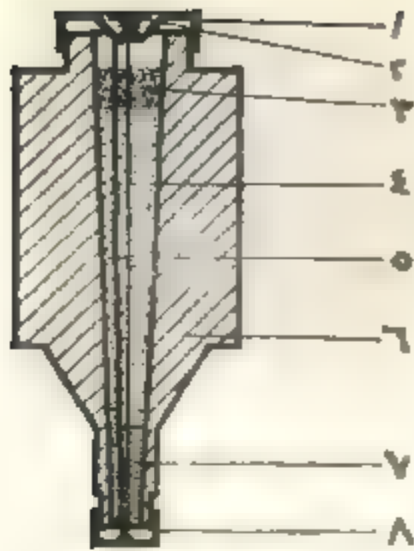
يستخدم القابس والمقبس ذو الطاقة العالية في الدوائر الكهربائية وفي الأغراض التي تحتاج إلى نظام قرن قابل للحركة. ويتمعمل هذا النوع الاستعمال الشديد والخدمة الشاقة. فتستخدم في معدات الزراعة وفي المناجم وفي الصناعة .

الشكل (١٢٠) نظام قارن من قابس ومقبس

يستخدم للأجهزة المنزلية

١ - قابس ثابت مزود بحلقات الحماية (يثبت بالجهاز)

٢ - مقبس متحرك



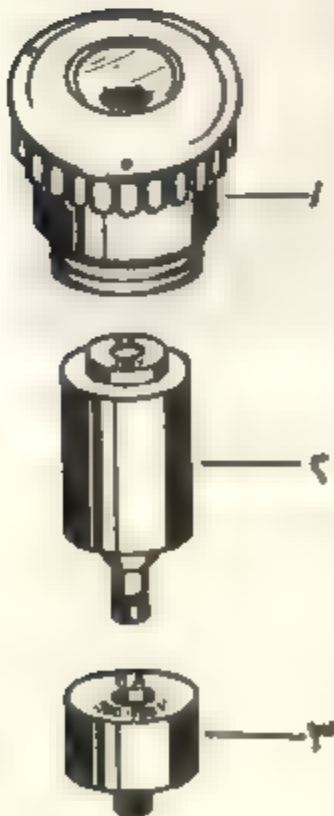
الشكل (١٢٢) وصلة مصهر من النوع العادى

- ١ - سطح التلامس
- ٢ - قرص البيان
- ٣ - أسبتوس
- ٤ - رمل
- ٥ - عنصر المصهر
- ٦ - الوعاء المصين العازل
- ٧ - مادة لاصقة
- ٨ - بنز التلامس

(٤٠) المصاهر والقواطع الأتوماتيكية :

(أ) مصاهر الجهد المنخفض :

تستخدم المصاهر في الجهد المنخفض لتقوم بنفس العمل الذى تؤديه في الجهد العالى ، وهو حماية المعدات والأجهزة الكهربائية وعناصر الدوائر الكهربائية من التيارات الزائدة على اللازم أو من تيار قصر الدائرة، وخاصة الذى لا يستمر لفترة طويلة ولكنه من الشدة بحيث يؤدي إلى تلف هذه الأجهزة . ويتلخص عمل المصهر في أن عنصره ينصهر بمجرد زيادة التيار على حد معين



الشكل (١٢٣) مكونات المصهر العادى

- ١ - الفطاء الملولب
- ٢ - وصلة المصهر
- ٣ - الحلقة الحاكة



الشكل (١٢٤) خرطوشة للقبع والوصل تلقائياً

وتصنع المصاهر عادة بمقننات مختلفة حتى ٦٠ أمبير . ويتكون المصهر من الأجزاء الرئيسية التالية : قاعدة المصهر - الحلقة الحاكمة - وصلة المصهر - لغطاء اللولبي . ويبين شكل (١٢٢) تصميمًا لوصلة مصهر من النوع العادي المستخدم في حماية خطوط التغذية في الجهد المنخفض . ومن المعروف أن وصلات المصهر تصمم عادة لتلائم الجهد والتيار اللذين يعمل عليهما المصهر ، على أن يراعى في تصميمها أيضاً عدم حدوث أى خطر نتيجة للإهمال أو عدم الاكتراث في اختبار المصهر المناسب . ولذلك تصمم قاعدة المصاهر بحيث لا يسمح بوضع وصلة مصهر بمقنن أكبر في قاعدة مصهر بمقنن صغير ، وعلى ذلك لا يمكن لوصلة مصهر ٢٥ أمبير أن تدخل في قاعدة مصهر ١٥ أمبير .

ويبين شكل (١٢٣) لغطاء اللولبي ووصلة المصهر والحلقة الحاكمة لأحد المصاهر المستخدمة في حماية خط تغذية . ويكون القطر الخارجى للملامس المعدنى الموجود في نهاية وصلة المصهر ملائماً تماماً للقطر الداخلى للحلقة الحاكمة ، وبذلك تضمن عدم وضع وصلة مصهر في قاعدة أو غطاء مصهر بمقنن أقل . وتستخدم في هذه المصاهر لوحة بيان تدل على حالة عنصر المصهر ، أى ما إذا كان في حالة سليمة من عدمه . وتوضع لوحات البيان هذه على السطح الأمامى لوصلة المصهر وتتكون لوحة البيان عادة من صفيحة صغيرة متصلة بفتيلة المصهر من طريق سلك زئبركى وعندما تنصهر فتيلة المصهر يقوم السلك الزئبركى بدفع لوحة البيان من مكانها فتسقط ، وفى هذه الحالة يلزم تغيير وصلة المصهر ما كملها بأخرى لها نفس قيمة التيار المقنن (وقد سبق شرح عمل لوحة البيان في مصاهر الجهد العالى) . وتلون لوحة البيان عادة بألوان مختلفة يدل كل لون منها على التيار المقنن الخاص بوصلة المصهر . فيدل اللون الأحمر على أن التيار المقنن ١٥ أمبير ، واللون الأزرق على أن التيار المقنن ٢٥ أمبير ، وهكذا .

(ب) القواطع الأتوماتيكية :

تستخدم وسائل القمع الأتوماتيكية لحماية المعدات والأجهزة والمحركات . وتختلف وسائل القمع الأتوماتيكية عن امصاهر في إمكانية استعمالها عدداً غير محدود من المرات دون حاجة إلى تغيير أى جزء منها . وبين شكل (١٢٤) أحد أنواع القواطع الأتوماتيكية . وتفيد هذه الوسائل في حماية المعدات من التيار الزائد على التيار المقتن ولو بسبب ضئيلة إذا استمر لفترة طويلة . ويتم تشغيل هذه الوسائل لقطع لدائرة الكهربائية بإحدى الطرق الآتية :

(أ) بطريقة حرارية .

(ب) بطريقة مغناطيسية .

(ج) بطريقة ميكانيكية .

(أ) وسائل القمع بالطرق الحرارية :

يفضل استخدام الطريقة الحرارية في وسائل القمع الأتوماتيكية ، وخاصة إذا كانت زيادة التيار تتم بطريقة تدريجية ولمدة طويلة .

ويتلخص عمل وسائل لقطع بالطريقة الحرارية في الآتي :

تؤدي زيادة تيار التشغيل على حد معين إلى تسخين جزء ثأى المعدن ، يتمدد بالتسخين نتيجة لمرور اتيار انزائد فيه بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة . فعندما يتمدد الجزء الثأى المعدن حتى يصل إلى حد معين فإنه يدفع أمامه سقطة تؤدي إلى فتح لدائرة الكهربائية عن طريق وسيلة عتق كتلك التى سبق شرحها .

ولا تفيد هذه الوسائل إلا إذا كانت زيادة التيار تتم تدريجياً . أما إذا تمت فجأة وبسرعة شديدة بحيث لا تعطى للجزء الثأى المعدن فرصة لتمدد ليقوم بفتح الدائرة في الوقت المناسب ، فيفضل في هذه الحالة استخدام الطريقة الكهرومغناطيسية

(ب) وسائل انقطع بالطرق الكهرومغناطيسية :

يفضل استخدام الطرق الكهرومغناطيسية في وسائل القمع الأتوماتيكية إذا كانت زيادة التيار تتم فجائياً ، حيث أن هذه الوسائل تستجيب بسرعة كبيرة لزيادة التيار فتقوم بفتح الدائرة بمجرد زيادته . وبالإضافة إلى الوسيلتين السابقتين ، توجد الوسائل الميكانيكية .

(ج) وسائل القمع الميكانيكية (مفاتيح التلامس) :

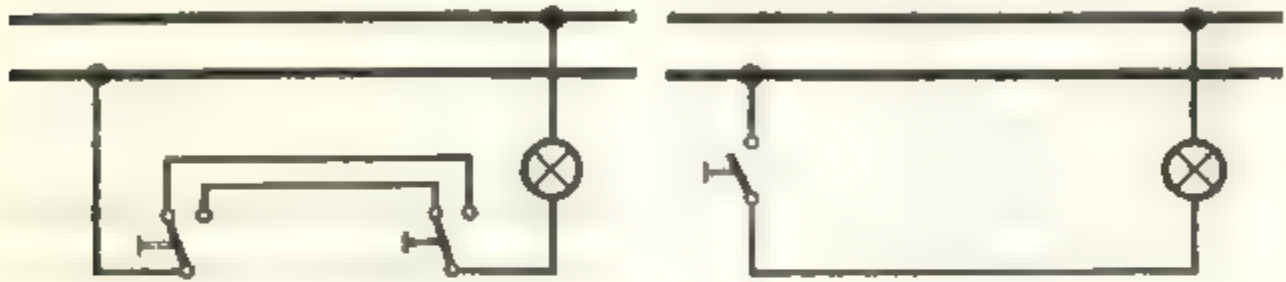
يطلق على وسائل القمع بالطرق الميكانيكية اسم « مفاتيح التلامس » ، ويستخدم فيها ذراع أو زر عند الضغط عليه يدوياً أو بأية وسيلة أوتوماتيكية يقوم بتشغيل المقطع ، لقطع الدائرة فوراً عند حدوث عطل أو خلل . ويختار مفتاح التلامس ليتناسب مع ظروف التشغيل التى

سيستخدم فيها . وتمتاز هذه الوسائل بإمكان إعادةتها إلى وضع التشغيل العادي بعد إصلاح الخلل دون حاجة إلى تعبير أى حزم فيها ، على غير ما يحدث في المصاهر التي تحتاج إلى تغيير وصلة المصهر بعد حدوث العطل .

(٤١) طرق توصيل الطاقة الكهربائية إلى المباني :

١ - دوائر التمديدات والتوصيلات :

تبين الأشكال من (١٢٥) إلى (١٣٠) عدة دوائر للتمديدات والتوصيلات الكهربائية المستخدمة في الجهد منخفض ، كما تبين هذه الأشكال كيفية توصيل المفاتيح في دوائر الإنارة أو دوائر القدرة بجهد منخفض داخل المباني .



الشكل (١٢٦) مفتاح بدائرة تشغيل بطريقتين .
يمكن بهذه المفاتيح قطع أو وصل عناصر
الدائرة (مثل المصابيح) من نقطتين مختلفتين
بواسطة مفتاحين .

الشكل (١٢٥) دائرة بمفتاح قطع ووصل .
يمكن قطع ووصل عنصر الدائرة (مثل
المصابيح) بواسطة مفتاح تحكم .

٢ - التوصيلات الكهربائية إلى المباني :

يمكن توصيل الطاقة الكهربائية بجهد منخفض إلى المباني بواسطة خطوط هوائية محمولة
على أعمدة خشبية كما في الشكل (١٣١) أو بواسطة كبلات مدفونة تحت الأرض كما في الشكل (١٣٢)

٣ - التوصيلات الكهربائية داخل المباني :

يمكن تصنيف التوصيلات الكهربائية داخل غرف المباني إلى :

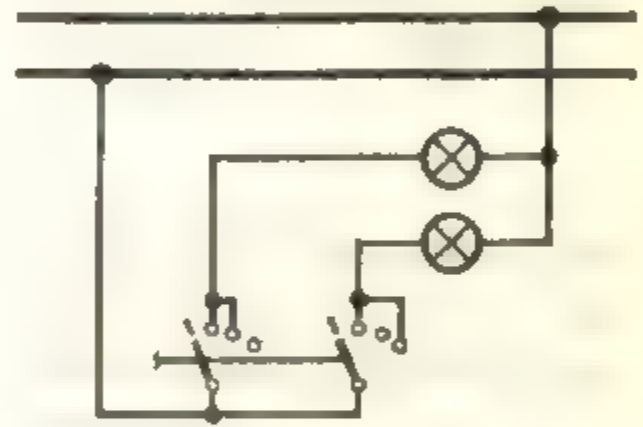
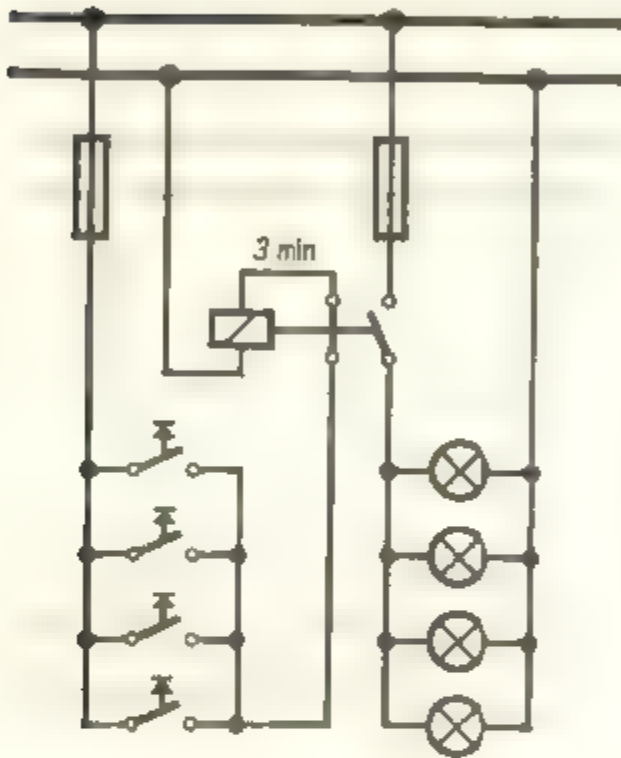
- توصيلات كهربائية خاصة بالغرف الرطبة .
- توصيلات كهربائية خاصة بالغرف الخاصة .
- توصيلات بأسلاك معزولة وموضوعة تحت الجبس مباشرة .
- توصيلات بأسلاك معزولة مدفونة داخل الحائط .

- توصيلات سطحية بأسلاك موضوعة على سطح الحائط .

- توصيلات بأسلاك داخل مواسير صلب أو مواسير مطاط .

وتنيز الأشكال من (١٣٣) إلى (١٣٨) الطرق المختلفة المستخدمة في تركيب التوصيلات

الكهربائية داخل غرف المباني .

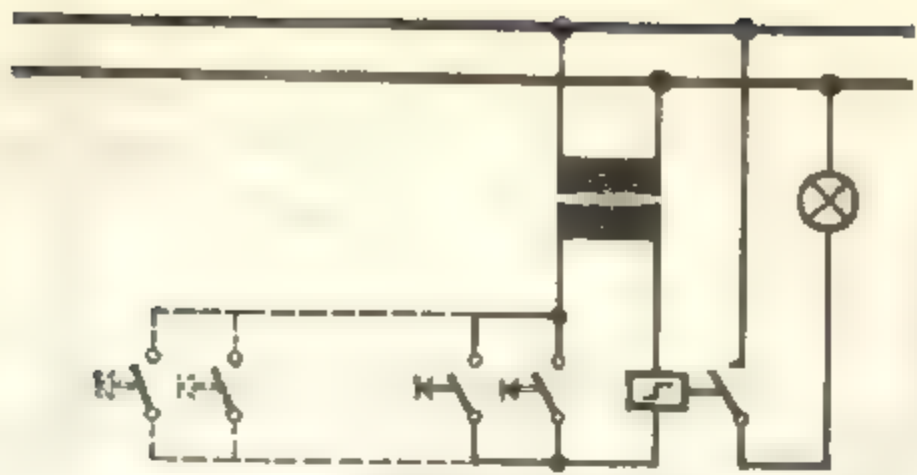


الشكل (١٣٧) دائرة توال

يمكن بهذه الدائرة قطع ووصل عناصر
دائرتين معا أو عناصر كل دائرة منهما على
حدة باستخدام مفتاح تحكم واحد .

الشكل (١٣٨) مفاتيح مزودة بمرحل زمني

تستخدم في إضاءة السلم لفترة محددة
توصل المصابيح كلها على التوازي
كما توصل المفاتيح أيضا على التوازي . وعند
تشغيل أحد المفاتيح يستجيب له المرحل
ويقوم بإضاءة مصابيح السلم . ويوصل المرحل
بوسيلة تعمل ميكانيكيا أو بواسطة الهواء
المضغوط لفصل التيار عن المرحل بعد زمن
محدد من بداية تشغيله . وعندما يتم فصل التيار
عن المرحل يمكن بعد ذلك تشغيله بواسطة أى
مفتاح مرة أخرى .



الشكل (١٢٩) التحكم من بعد في التركيبات والمعدات الكهربائية

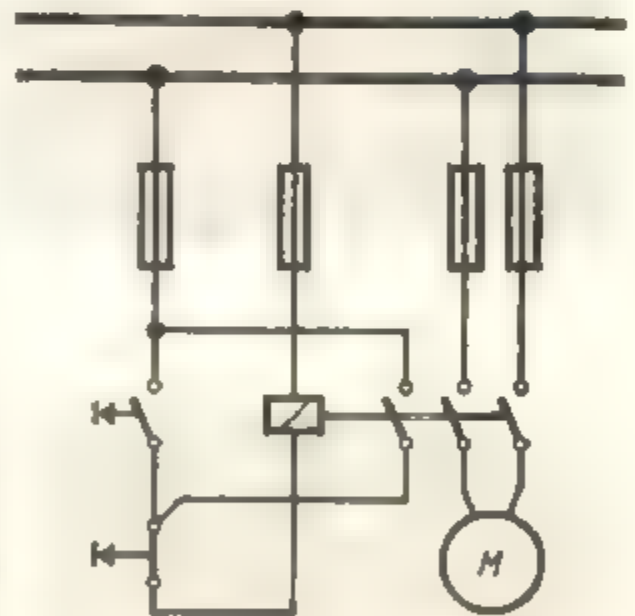
يستخدم لهذا الغرض معدات للقطع والوصل لا تعود تلقائياً إلى الوضع الأصلي بعد قيامها بعملية القطع أو بعملية الوصل ، مثل المرحلات .

ويتم تشغيل المرحل البصري عادة من على مسافة بعيدة من هذه المعدات باستخدام جهد منخفض (٨ إلى ١٢ فولت) . وعندما يمر بالمرحل أى نبضة من نبضات تيار التحكم من هذه الأماكن البعيدة فإنها تقوم بعملية القطع أو عملية الوصل المطلوبة ، ويظل على هذه الحال حتى يمر به النبضة التالية . ولإمكان إجراء عمليات التحكم من بعد . فوصل المفاتيح المستخدمة في عملية القطع والوصل للدوائر المختلفة على التوازي مع المرحل ، وبذلك يمكن التحكم من بعد في وصل أو لقطع التيار عن عناصر الدوائر المتصلة على التوازي بواسطة المرحل .

الشكل (١٣٠) معدات القطع والوصل المستخدمة في المحركات (مفاتيح التلامس)

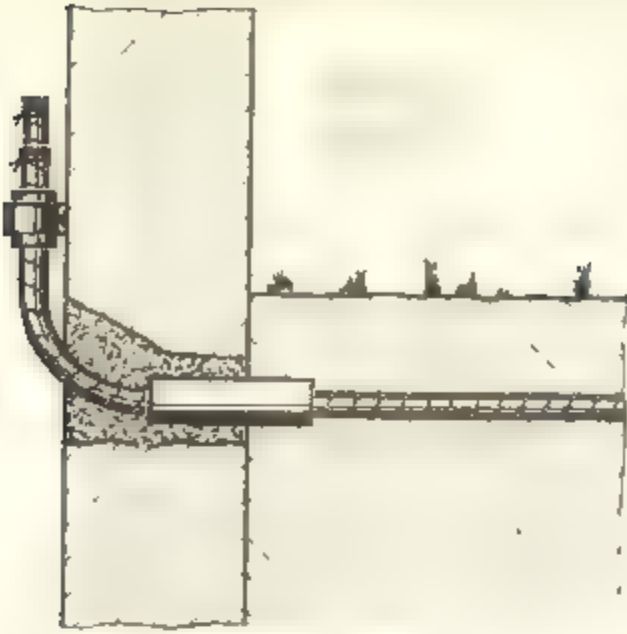
يستخدم في هذا الغرض معدات القطع والوصل التي تعود تلقائياً إلى وضعها الأصلي بعد إجراء عملية القطع أو الوصل .

ففي الشكل عندما يتم تشغيل مفتاح المحرك بالضغط على زر التشغيل يمر التيار عن طريق الزرارة خلال ملف المفتاح ، فيتولد بالملف مجال مغناطيسي يؤدي إلى تحريك ثلاثة ملامسات : يستخدم ملامسان منها لخلق دائرة المحرك الأخير ، بينما يستخدم الملامس الثالث

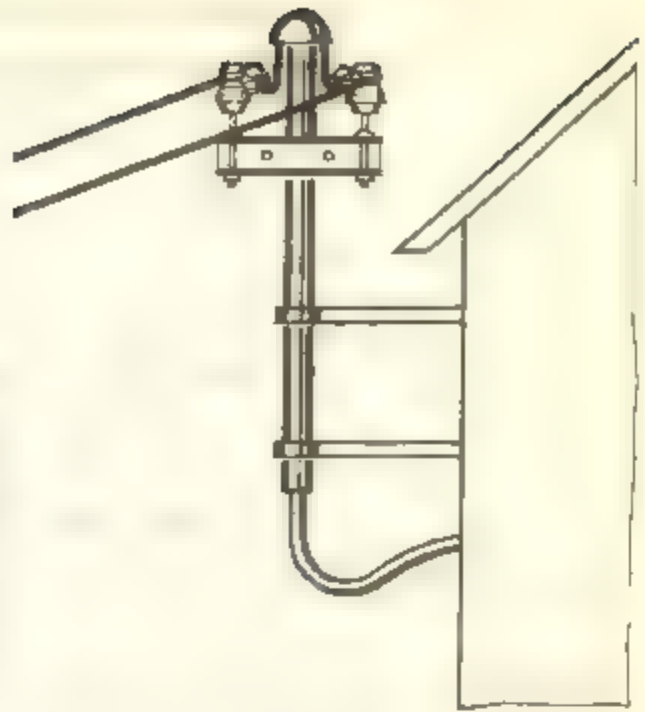


لتغذية الملف بالتيار اللازم بدلا من ملامسات الزر الذي يعود إلى مكانه الأصلي تلقائياً بعد عملية الضغط عليه مباشرة . وعند الضغط على زر الإيقاف ، يقطع التيار عن ملف المفتاح ، وينقطع المجال المغناطيسي ، وبذلك تفصل الملامسات ويتوقف دوران المحرك ويعود زر الإيقاف إلى مكانه الأصلي . وعندما يراد تشغيل المحرك مرة ثانية يضغط على زر التشغيل ، وهكذا .

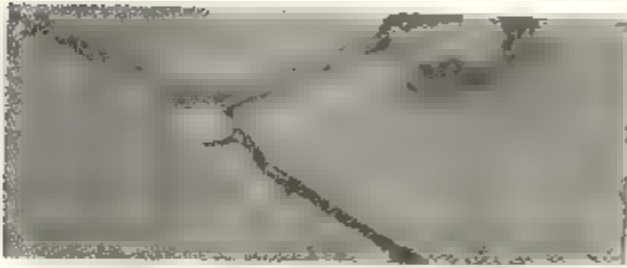
وتمتاز مفاتيح التلامس بإمكان تشغيلها عددا كبيرا من المرات .



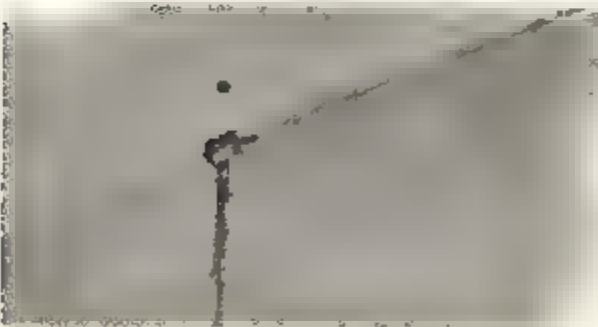
الشكل (١٣٢) كيفية إمداد المنازل بالطاقة الكهربائية بواسطة الكبلات الأرضية



الشكل (١٣١) كيفية إمداد المنازل بالطاقة الكهربائية بواسطة الخطوط الهوائية .



الشكل (١٣٣) كيفية وضع الموصلات في دواسير قابلة للتحرك .



الشكل (١٣٤) وضع الموصلات داخل دواسير معدنية مبطنة من الداخل بمادة عازلة للاستخدام في التوصيلات داخل المباني .



الشكل (١٣٥) وضع الموصلات في دواسير صلب لتركيبها بالماكينات

الشكل (١٣٦) موصلات معزولة ومبطنة
لحمايتها ضد تسرب الماء إلى داخلها . تتركب
بواسطة مسامير شوك .



الشكل (١٣٨) مواسير مطاط مملوكة وصديقية
تعرض مطاطية أيضا بعدة للتركيب تحت المصيص
ويتم سحب الموصلات المعزولة داخل هذه
المواسير بعد عملية الطلاء بالمصيص



الشكل (١٣٧) الأسلاك الشريطية المعزولة
المستخدمة للتركيب تحت المصيص (بدون
مواسير) .

الباب الخامس

أجهزة تحويل نوع من الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة الكهربائية

أولاً : المحولات

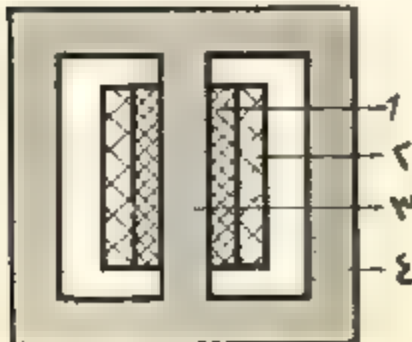
تستخدم المحولات لتحويل التيارات والجهود المترددة بقيم معينة (الداخلة إلى ملفاتها الابتدائية) إلى تيارات وجهود مترددة بقيم أخرى (تخرج من ملفاتها الثانوية) .

(٤٢) التعريف بأساسيات المحول :

يستخدم المحول المثالي عادة لشرح المحول العادى وكيفية عمله بطريقة مبسطة . والمحول المثالى هو محول عادى افترض فيه عدم وجود بعض حقائق أو ظواهر معينة من جانب التسهيل (مثل إهمال الفقد فى الحديد والنحاس) . ويبين الشكل (١٤٩) رسماً تخطيطياً بالمحول المثالى ، وهو يتكون من ملف ابتدائى وملف ثانوى . وتركيز الخطوط المغناطيسية فى الملفات وزيادة كفاءة المحول توضع الملفات عادة حول قلب حديدى مصنوع من رقائق من الألواح المعزولة لمصنوعة من الحديد السلكوفى . وتسمى هذه الألواح « ألواح الدينمو » . وتتكون الدائرة المغناطيسية للمحول من القلوب الحديدية والملفات المرتبة حولها ، ومن جزء حديدى آخر من نفس نوع الحديد يستخدم فى قفل الدائرة المغناطيسية ، وهذا الجزء الحديدى الذى لا توجد حوله أى ملفات يسمى « المقرن » . وفيما يلى شرح لأساسيات المحول وتعرفها :

(١) طريقة عمل المحول :

إذا سلط جهد متردد جـم على الملفات الابتدائية فإنه يمر بها تيار متردد تـم يؤدي إلى تولد مجال مغناطيسى متردد تتجمع كل خطوطه داخل الحديد ، وتخترق الملفات الثانوية ، فتولد فيها قوة دافعة كهربائية مترددة جـه وعند تحميل الملف الثانوى يمر به تيار متردد تـه .



الشكل (١٣٩) رسم تخطيطى لمحول

١ - الملفات الابتدائية .

٢ - الملفات الثانوية

٣ - قلب المحول (الساق)

٤ - المقرن .

ومن الممكن تعريف المحول بأنه أداة تستخدم في رفع أو خفض جهد تيار متردد بدون فقد كبير ، أى أن القدرة الداخلة فيه تساوى القدرة الخارجة تقريبا .

$$ج_١ \times ت_١ = ج_٢ \times ت_٢$$

(ب) نسبة التحويل في المحول :

تعرف النسبة بين الجهد الثانوى $ج_٢$ إلى الجهد الابتدائى $ج_١$ بأنها «نسبة التحويل في المحول» ،
وهى تساوى النسبة بين عدد لفات الملف الثانوى $ن_٢$ إلى عدد لفات الملف الابتدائى $ن_١$

$$\text{نسبة التحويل} = \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

$$\text{وحيث أن } ج_١ \times ت_١ = ج_٢ \times ت_٢$$

$$\therefore \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ت_١}{ت_٢} \quad \text{أى أن} \quad \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ت_١}{ت_٢} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

وبين المثال التالى كيفية حساب الجهد الثانوى أو التيار الثانوى بمعرفة التيار الابتدائى أو الجهد الابتدائى مع معرفة نسبة التحويل .

مثال :

إذا كان عدد لفات الملف الابتدائى $ن_١ = ١٥٠٠$ لغة والجهد الابتدائى المسلط على هذا الملف $ج_١ = ٢٢٠$ فلت . وكان عدد لفات الملف الثانوى مساويا لعدد لفات الملف الابتدائى أى $ن_٢ = ١٥٠٠$ ، لغة فإن الجهد الذى يظهر بين أطراف الملف الثانوى $ج_٢ = ٢٢٠$ فلت أيضا

$$\text{لأن} \quad \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

أما إذا كان عدد لفات الملف الثانوى $ن_٢ = ٧٥٠$ لغة ، فإن الجهد الذى يظهر بين أطراف

$$\text{الملف الثانوى} = ١١٠ \text{ فلت حيث أن} \quad \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

$$\therefore \frac{ج_٢}{٢٢٠} = \frac{٧٥٠}{١٥٠٠} \quad ج_٢ = ١١٠ \text{ فلت}$$

أى أن النسبة بين الجهد الابتدائى إلى الجهد الثانوى تتناسب تناسبا طرديا مع النسبة بين عدد

$$\text{لفات الملف الابتدائى إلى عدد لفات الملف الثانوى ، أى} \quad \frac{ج_٢}{ج_١} = \frac{ن_٢}{ن_١}$$

أما بالنسبة بين شدة التيار المار في الملف الابتدائي إلى شدة التيار المار في الملف الثانوي فإنها تتناسب تناسباً عكسياً مع النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي إلى عدد لفات الملف الثانوي أي أن $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$. فإذا كانت شدة التيار المار في الملف الابتدائي ٥ أمبير ، وكان الجهد الابتدائي ٢٢٠ فولت ، وعدد لفات الملف الابتدائي ١٥٠٠ لفة ، وعدد لفات الملف

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{220}{1500} = \frac{2}{15}$$

الثانوي ٧٥٠ ، فباستخدام نسبة التحويل $\frac{2}{15}$ يمكن حساب شدة التيار المار في الملف الثانوي $I_2 = 10$ أمبير والجهد $V_2 = 110$ فولت .

(ج) الفقد في المحول :

يلعب الفقد في المحول دوراً هاماً في تحديد كفاءة المحول . وينقسم الفقد في المحول إلى قسمين :

١ - الفقد في النحاس .

٢ - الفقد في الحديد .

١ - الفقد في النحاس :

ينشأ الفقد في النحاس نتيجة لمرور التيار الابتدائي في الملفات الابتدائية ومرور التيار الثانوي في الملفات الثانوية .

وهو يساوي حاصل ضرب مربع التيار الابتدائي في مقاومة الملف الابتدائي + حاصل ضرب مربع التيار الثانوي في مقاومة الملف الثانوي .

$$\text{الفقد في النحاس} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

ويسبب هذا الفقد انخفاض الجهد عند تشغيل المحول ، كما أن الفقد يتحول إلى حرارة ، وقد تؤدي زيادة هذه الحرارة على حد معين إلى حرق ملفات المحول

٢ - الفقد في الحديد :

تستخدم القلوب الحديدية والمقارن لتركيز خطوط القوى المغناطيسية في الملفات ، كما أنها تمنع تسرب أو الهروب هذه الخطوط المغناطيسية ، وبذلك تزيد من كفاءة المحول ، إلا أن هذا الحديد يتسبب في وجود فقد يطلق عليه اسم الفقد في الحديد .

وينقسم الفقد في الحديد إلى قسمين :

(أ) الفقد بالتيارات الدوامية .

(ب) والفقد بالتلف المغناطيسي .

(أ) الفقد بالتيارات الدوامية : يستخدم في القلوب الحديدية وفي المقرن حديد سليكون من أهم مميزات مقاومة العالية للتيارات الدوامية ، وذلك لتقليل الفقد الناتج عن مرور التيارات الدوامية المتولدة بالحث بسبب تغير المجال المغنطيسي المتردد المار في الحديد .

والفقد بالتيارات الدوامية يساوى حاصل ضرب مربع التيار الدوامى في مقاومة الحديد السليكونى

(ب) الفقد بالتخلف المغنطيسى : يتسبب مرور التيار المتردد في ملفات المحول في إيجاد منحنيات تمسك في الحديد السليكونى . وهذه المنحنيات اتجاهان متضادان ، نتيجة لمرور التيار المتردد في اتجاه معين وانخفاضه ثم مروره في الاتجاه العكسى . لذلك تتغير أقطاب الجزيئات المغنطيسية كلما تغير اتجاه المغنطة . وهذه العملية تؤدي إلى فقد في قدرة المحول يعرف باسم « الفقد بالتخلف المغنطيسى » . وترجع كلمة « التخلف » إلى أن تغير قطبية الجزيئات المغنطيسية لا يتم لحظيا بمجرد تغير اتجاه التيار ، وإنما يتخلف عنه بزمان معين .

ويتناسب الفقد بالتخلف المغنطيسى تناسباً طردياً مع عدد ذبذبات التيار المتردد في الثانية ومع كثافة الفيض المغنطيسى .

(د) كفاءة المحول :

يحدد الفقد في النحاس والفقد في الحديد كفاءة المحول

$$\text{لأن كفاء المحول} = \frac{\text{قدرة خرج المحول ق}_2}{\text{قدرة دخل المحول ق}_1}$$

وأن الفقد الكلى في المحول = قدرة الدخل ق₁ - قدرة المخرج ق₂

وتصل كفاءة المحولات ذات التصميم المتقن إلى ٩٩٪ .

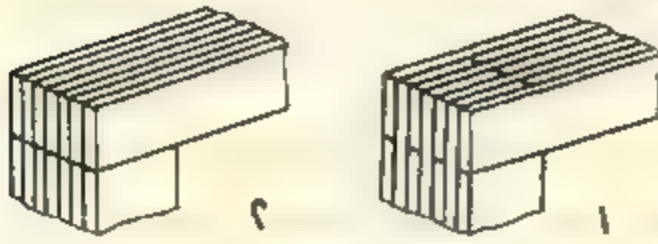
(٤٣) أنواع المحولات وطرق تصميمها :

(أ) تصميم المحول :

لتحسين أداء المحولات وزيادة كفاءتها ، تستخدم في تصنيع المحولات أنواع معينة من رقائق الحديد السليكونى التى تصنع بأشكال مختلفة لتلائم التصميم والأداء المطلوبين للمحول (الشكلان ١٤٠ ، ١٤١) .

ويتميز الحديد السليكونى بمقاومته العالية للتيارات الدوامية لتقليل الفقد في الحديد . ويتكون المحول في معظم الأحيان من ملفين معزولين عن بعضهما البعض كهربائياً ، ويتكون كل منهما من عدد كبير من اللفات . وفي بعض الأحيان يزود أحد الملفين بعدة نقاط توصيل بينية ، وتفيد نقاط التوصيل البينية الموجودة في الملفات الثانوية في الحصول على جهود ثانوية بقيم مختلفة .

أما نقط التوصيل البينية الموجودة في الملفات الابتدائية فتفيد في استخدام المحول على جهود ابتدائية مختلفة . وتبين الأشكال ١٤٢ إلى ١٤٤ الطرق المختلفة لوضع وترتيب الملفات الابتدائية والثانوية حول القلوب المغناطيسية في محولات القدرة .

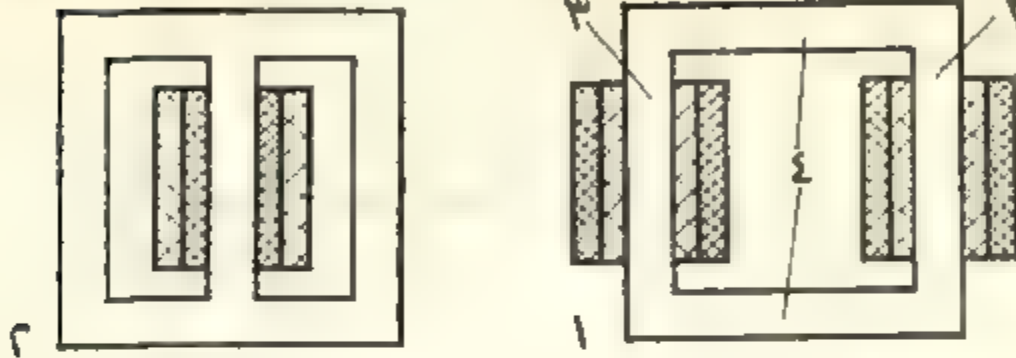


الشكل (١٤٠)

رقائق القلب الحديدي للمحول

١ - رقائق منفرجة (متداخلة)

٢ - رقائق منتظمة .



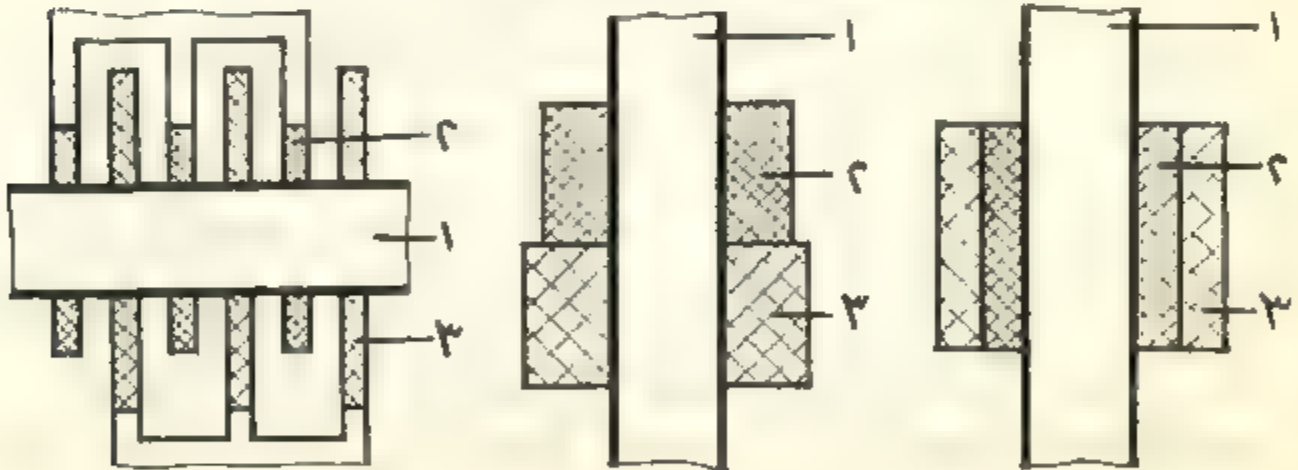
الشكل (١٤١) أشكال القلب الحديدي

١ - محول ذو قلب حديدي

٢ - القلوب الحديدية (السيقان)

٣ - محول ذو دائرة مغناطيسية مغلقة

٤ - المقارن



الشكل (١٤٢)

لف عادي بشكل قرص

١ - القلب الحديدي (الساق)

٢ - الملفات الابتدائية .

٣ - الملفات الثانوية .

الشكل (١٤٣)

لف بشكل غرفة

١ - القلب الحديدي (الساق)

٢ - الملفات الابتدائية .

٣ - الملفات الثانوية .

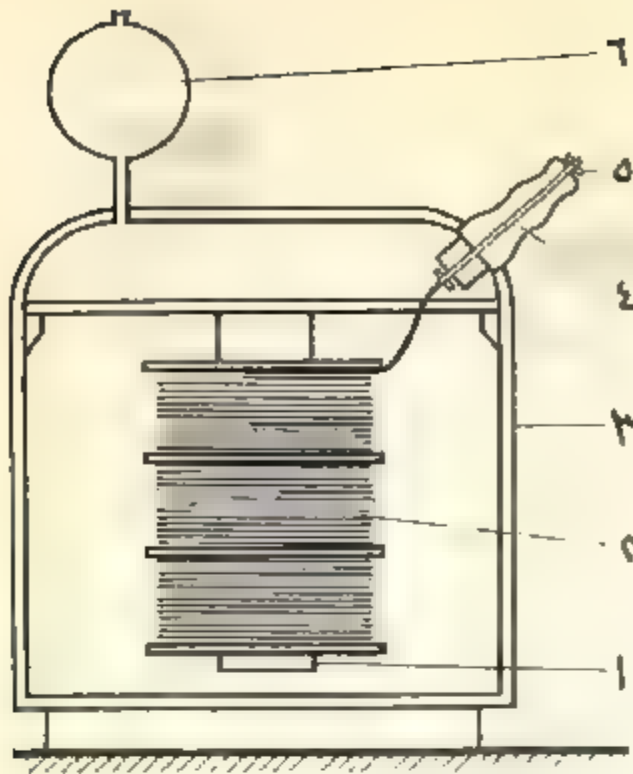
الشكل (١٤٤)

لف بشكل طيات

١ - القلب الحديدي (الساق)

٢ - الملفات الابتدائية .

٣ - الملفات الثانوية .



الشكل (١٤٥) رسم تخطيطي للمحول

- ١ - القلب الحديدي
- ٢ - الملفات
- ٣ - حزان المحول
- ٤ - عازل أنابيب الداخلية (العازل الصيني)
- ٥ - أنابيب
- ٦ - حزان تمدد الزيت

أما شكل (١٤٥) فيبين أهم الأجزاء الرئيسية للمحول .

(ب) أنواع محولات القدرة :

يمكن تقسيم محولات القدرة إلى :

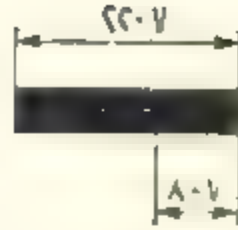
محولات وحيدة الطور : تصمم هذه المحولات بقدرات مختلفة لتلائم العمل في نظم التوزيع بالجهد المنخفض ، كما تستخدم أحيانا في نظم التوزيع بجهد عال . وتبين الأشكال من ١٤٦ إلى ١٥٠ بعض المحولات وحيدة الطور شائعة الاستعمال .

محولات ثلاثية الأطوار : تستخدم المحولات الثلاثية الأطوار ذات القدرة الكبيرة في تغذية المصانع وكبار المستهلكين بالطاقة الكهربائية بعد تحويل جهد التغذية العال إلى جهد منخفض . وهذا النوع من المحولات يستخدم بدلا من ثلاثة محولات وحيدة الطور .

ويكثر استعمال المحولات التي تعمل على الجهود ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ك.ف في نظم الجهد العال . أما في الجهد المنخفض فتستعمل عادة المحولات التي تعمل على جهد ٠,٤ ك.ف . (٤٠٠ فلت) .

وهناك محولات ثلاثية الأطوار مصممة لكي تعمل في نظم الجهد العال حتى جهد ١١٠ ك.ف . أما بالنسبة للجهود التي تزيد على ذلك ، أي بالنسبة للجهود ٢٢٠ ك.ف ، ٣٨٠ ك.ف ، فتستخدم عادة ثلاثة محولات وحيدة الطور ، أي بوضع محول بكل طور من الأطوار الثلاثية .

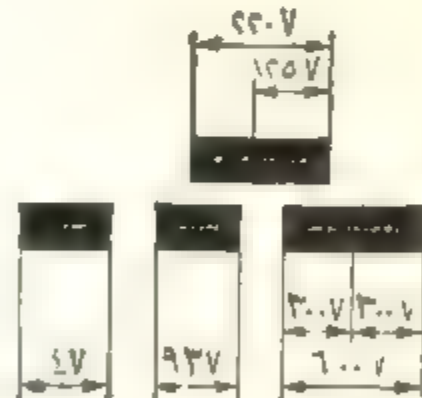
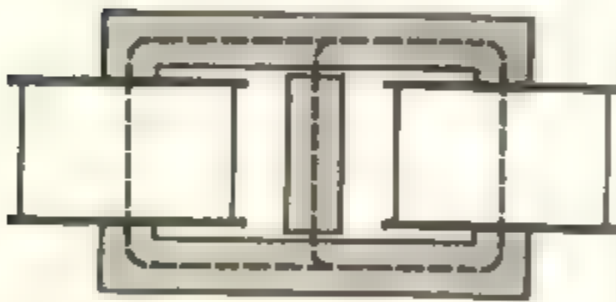
ويبين شكل (١٥١) كيفية توصيل الدوائر الكهربائية المختلفة للمحولات ثلاثية الأطوار . وتعتمد طرق اختبار وتركيب وتوصيل المحولات ، على كيفية استخدامها ونوع شبكة التغذية التي سيوصل بها المحول ، كما تعتمد أيضا على نوع الحمل ومقداره .



شكل (١٤٨) محول لأجهزة التحكم والولاية
محول بملف ابتدائي يوصل بالمنبع ، وملف ثانوي ينتج جهداً متوسطاً يصلح لأغراض التحكم والإشراف لأجهزة القطع والوصل ، وفي إضاءة المراجيل البخارية من الداخل عند صيانتها أو إصلاحها . ويمتاز هذا المحول بأن جهده الثانوي لا يؤدي إلى أي عطلورة من الصدمات الكهربائية على الإنسان .

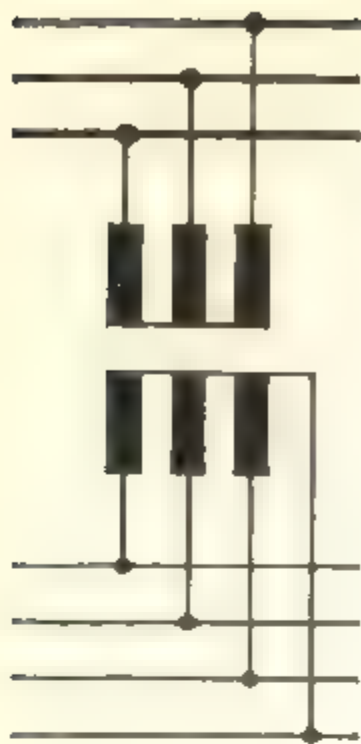
شكل (١٤٧) محول ذاتي محول يكون فيه الملف الثانوي عبارة عن جزء مشترك مع الملف الابتدائي . ولا يستخدم هذا المحول إلا في أجهزة القياس والمعامل كجزء للجهد ويجب هذا النوع من المحولات أن وجود أي قصر دائرة أو عطل أرضي فيه يؤدي إلى تسليط كل الجهد على الأرض .

الشكل (١٤٦) رسم محيطي لمحول جرس يستخدم في عمليات الإشارة لعمل على ٢ أو ٥ أو ٧ فلت بتيار ٥ ، ٢ أمبير أو ٢ أمبير .

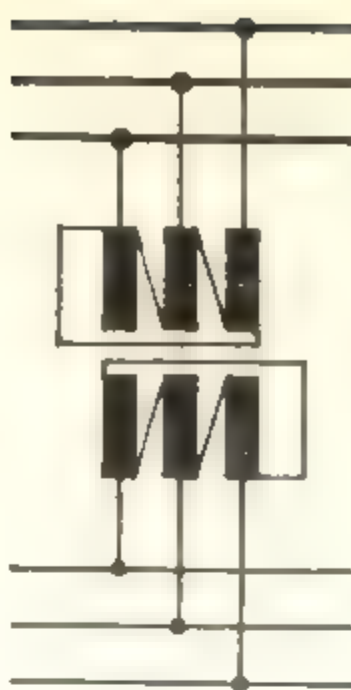


الشكل (١٤٩) محول بملفات ثانوية متعددة محول يستخدم في أجهزة الراديو والتليفزيون . يصمم للعمل على التيار المتردد ، له ملف ابتدائي وحيد - وعدة ملفات ثانوية - يستخدم بعضها لتسخين الصمامات الإلكترونية وصمامات الترميم ، ويستخدم البعض الآخر في تغذية دوائر الأنود والشبكة .

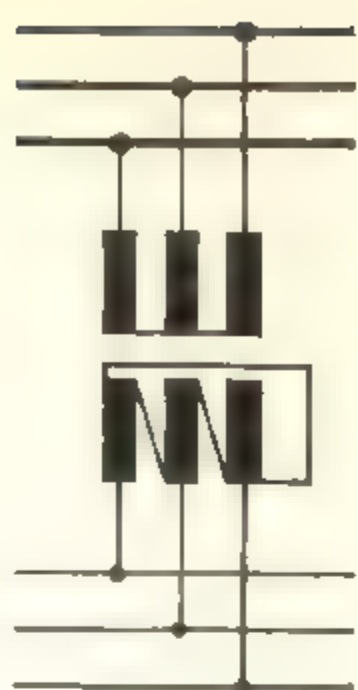
الشكل (١٥٠) محول قسرب (محول جهد عال) محول يستخدم في عمليات الحسام وفي تشغيل المصابيح الملورسنتية ذات الجهد العالي ، ويمكن فيها تغيير انتدقق المعتطيس لتغيير كثافة التيار المار في المصابيح ، ويتم ذلك بتغيير موضع المقرن بالنسبة للقلوب الحديدية القابلة للحرارة .



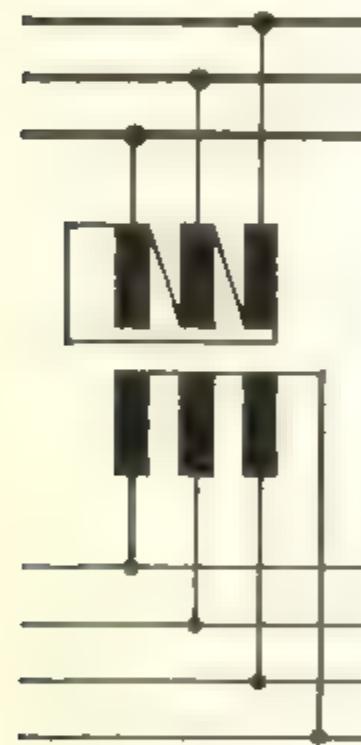
١



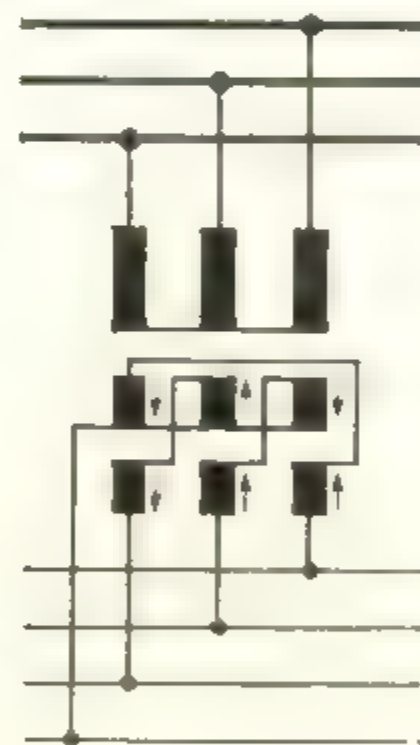
٢



٣



٤



٥

- الشكل (١٥١) مجموعة من الرسومات تبين طرق توصيل ملفات المحولات الثلاثية الأطوار .
- ١ - توصيل الملفات الابتدائية و الملفات الثانوية بتوصيلة النجمة .
 - ٢ - توصيل الملفات الابتدائية و الملفات الثانوية بتوصيلة دلتا .
 - ٣ - توصيل الملفات الابتدائية بتوصيلة النجمة بينما توصيل الملفات الثانوية بتوصيلة دلتا .
 - ٤ - توصيل الملفات الابتدائية بتوصيلة دلتا بينما توصيل الملفات الثانوية بتوصيلة النجمة .
 - ٥ - توصيل الملفات الابتدائية بتوصيلة النجمة بينما توصيل الملفات الثانوية بالتوصيلة المتعرجة .

ومن أكثر الموصلات استخداما في المحولات توصيلة الحزمة ، وتوصيلة الدلتا . ولإجراء عملية توصيل الملفات بطريقة سليمة تعلم النهايات بحروف تمييزها ، وفي العادة تعلم نهايات الملفات الابتدائية بحروف كبيرة ، بينما تعلم نهايات الملفات اثنائية بحروف صغيرة .

(٤٤) تبريد المحولات ووسائل الوقاية المستخدمة فيها :

(أ) تبريد المحولات :

تبرد المحولات عادة للتخلص من الحرارة الناتجة أثناء تشغيل المحول . وتزيد كمية الحرارة الناتجة في المحول كلما زاد الفقد في النحاس والفقد في الحديد . وتستخدم عادة نعلم التبريد بالزيت لتبريد المحولات ذات القدرة العالية والمتوسطة ، ويتم ذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ - طريقة التبريد المفتوحة :

توضع المحولات داخل خزان من الزيت ، وعندما ترتفع درجة حرارة المحول يتمدد الزيت ويندفع جزء منه إلى وعاء ملحق بخزان الزيت يسمى وعاء التمدد يسمح فيه بانتشار الزيت الزائد ليبرد .

٢ - طريقة التبريد المغلقة :

وهي طريقة أخرى لتبريد بالزيت ، وفيها تجري عملية التبريد باستخدام مضخات لسحب الزيت المحيط بالمحولات ، ودفعه داخل أنابيب تبرد من الخارج بالماء، ثم تقوم المضخات بعد ذلك بدفع الزيت إلى خزان المحول مرة ثانية بعد تبريده .

(ب) وسائل وقاية المحولات المبردة بالزيت :

تزود المحولات المبردة بالزيت بوسائل لوقايتها من التلف في الأحوال الآتية :

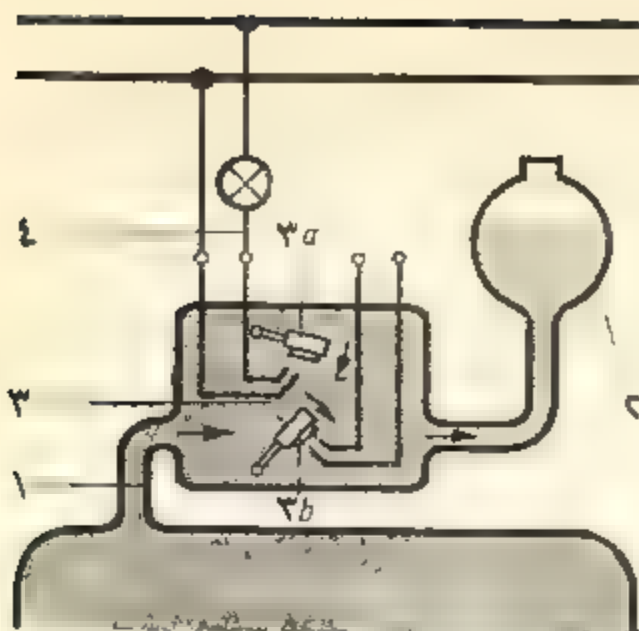
١ - زيادة درجة حرارة زيت المحول ومخونه أجزائه نتيجة لاستمرار الحمل الزائد .

٢ - وجود أعطال كهربائية شديدة في المحولات ، مثل تيارات قصر الدائرة . ومن أهم الوسائل لحماية المحولات « المرحل » (المرحلة) .

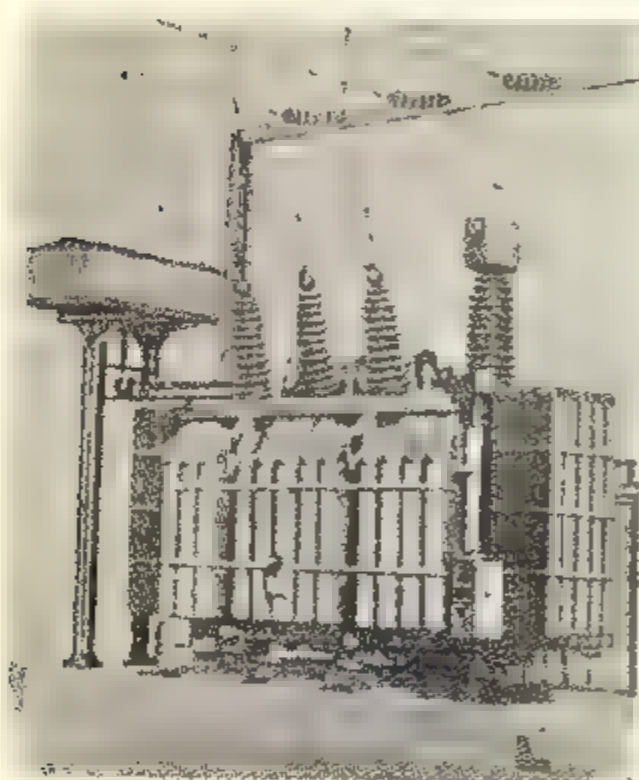
ويبين شكل (١٥٢) كيفية عمل مرحل لحماية المحول المبرد بالزيت .

كيفية عمل المرحل في حالة استمرار الحمل الزائد أو ازدياد حرارة الزيت :

يوضع الملامسان المائمان (١ ٣ ، ٣ ب) في وعاء الزيت بطريقة معينة بحيث لا يقلعان الدائرة الكهربائية التي يوجد بها مصباح الإنذار (أو صفارة الإنذار) طوال عمل نظام التبريد بالزيت بطريقة عادية . أما في حالة التحميل الزائد المستمر ، فإن الزيت يسخن ويتحلل بالتدريج ، وتنتج عن ذلك فقاعات تتصاعد إلى الجزء العلوي من خزان الزيت ، وتضغط هذه الفقاعات على الملامس العائم (١ ٣) فتدفعه إلى أسفل ، وبذلك تقفل دائرة مصباح الإنذار فيضئ .



الشكل (١٥٢) أساس عمل
وسيلة الحماية لمحول مبرد بالزيت .
١ - أنبوبة تغذية .
٢ - خزان تمدد بالزيت .
٣ - غرفة زيت بعوائق توصيل
(١٢ ، ٣ ب)
٤ - دائرة إضافية بمصباح بهان .



الشكل (١٥٣) محول بقدرة عالية .

كيفية عمل المرحل في حالة وجود قصر دائرة في المحول :

في حالة وجود تيار قصر دائرة في أى جزء ، أوفى أى توصيلة من توصيلات المحول مما يتسبب عنه تكون شرارة داخل المحول ، فإن هذه الشرارة تؤدي إلى تمدد الزيت فجأة فيندفع إلى وعاء التمدد ، وعندما يمتلئ الوعاء ، يضغط الزيت على الملامس العائم (٣ب) ويدفعه إلى أسفل . ويفتج عن ذلك قفل الدائرة الكهربائية التي تقوم بفصل المحول أوتوماتيكيا عن دوائر أو نظم تغذية الجهد العالي . ويبين شكل (١٥٣) محول بقدرة عالية مزود بوسيلة من وسائل الحماية .

ثانيا : مجموعة المحرك - مولد

(٤٥) كيفية عمل مجموعة المحرك - مولد :

تعتبر مجموعة المحرك مولد إحدى أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية من نوع معين إلى نوع آخر .

تتكون مجموعة المحرك - مولد من محرك كهربائي يمدى الطاقة الكهربائية عن طريق نظام التغذية امدى (تيار متردد أو تيار مستمر) . ويقوم المحرك بإدارة مولد مصمم ليمطى تيارا وجهذا بنفس المواصفات المطلوبة لتغذية حمل معين .
مثل ذلك ، تغذية محرك بتيار متردد ليدير مولدا يمدى تيارا مستمرا .

أنواع مجموعة المحرك - مولد :

(أ) النوع الأول : وفيه تتكون مجموعة محرك - مولد من آلتين منفصلتين مركبتين على قاعدة مشتركة ، ويقرن كل منهما بالآخر قرنا ميكانيكيا .

(ب) النوع الثاني . وفيه ترتب مجموعة المحرك - مولد داخل غلاف مشترك ، ويركب العضو الدوار للمحرك والعضو الدوار للمولد على نفس عمود الإدارة المشترك ، انظر شكل (١٥٤) .

ثالثا : المغيرات الدوارة (المحولات الدوارة)

(٤٦) كيفية عمل المغيرات الدوارة :

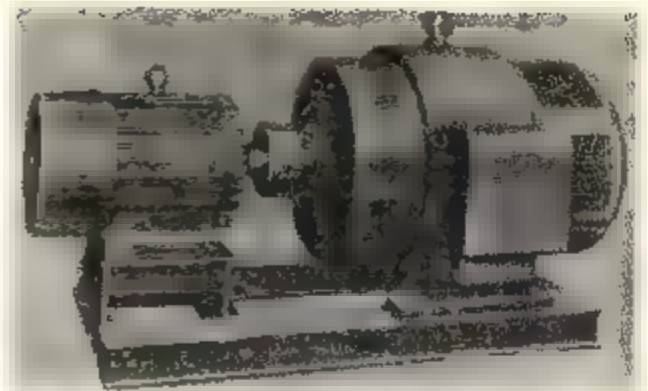
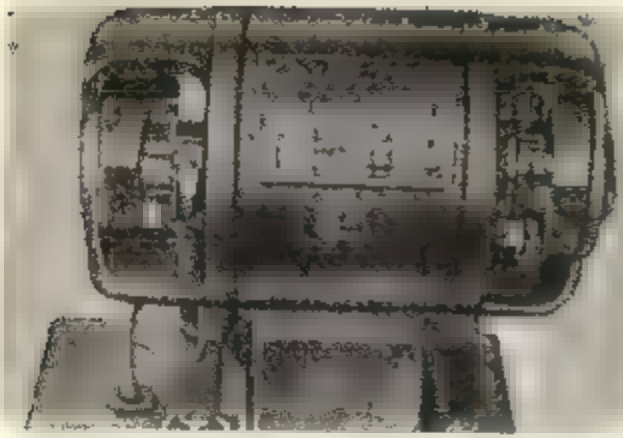
تقوم المغيرات الدوارة بنفس العمل الذى تقوم به مجموعة المحرك - مولد حيث تقوم بتغيير التيار المتردد إلى تيار مستمر أو العكس ، غير أن تصميم المغيرات الدوارة أيضا أبسط من تصميم مجموعة المحرك - مولد . ويتكون المغير الدوار من عمود إدارة واحد مركب عليه عضو الإنتاج . ويركب المبدل (عضو التوحيد) على أحد طرفى عمود الإدارة . ويركب على الطرف الآخر للعمود حلقات انزلاق . وتوصل إحدى نهايات ملفات عضو الإنتاج ملفات الانزلاق ، وتوصل النهايات الأخرى بالمبدل .

أنواع المغيرات الدوارة :

هناك نوعان من أنواع المغيرات الدوارة :

(أ) مغيرات دوارة عضو إنتاجها له ملف واحد يستخدم للدخل والخرج معا .
ويوجد بهذا الملف نقط توصيل بينية يمكن بواسطتها تحديد جهد الدخل الملائم للحد المنيح ، كما يمكن أيضا تحديد جهد الخرج الملائم للحمل .

(ب) مغيرات دوارة لعضو إنتاجها ملفات ابتدائية (للدخل) وأخرى ثانوية (للخروج) منفصلة عن بعضها البعض كهربائيا .



الشكل (١٥٤) مجموعة محرك - مولد على قاعدة مشتركة .
الشكل (١٥٥) مغير تيار بعوض دوار .

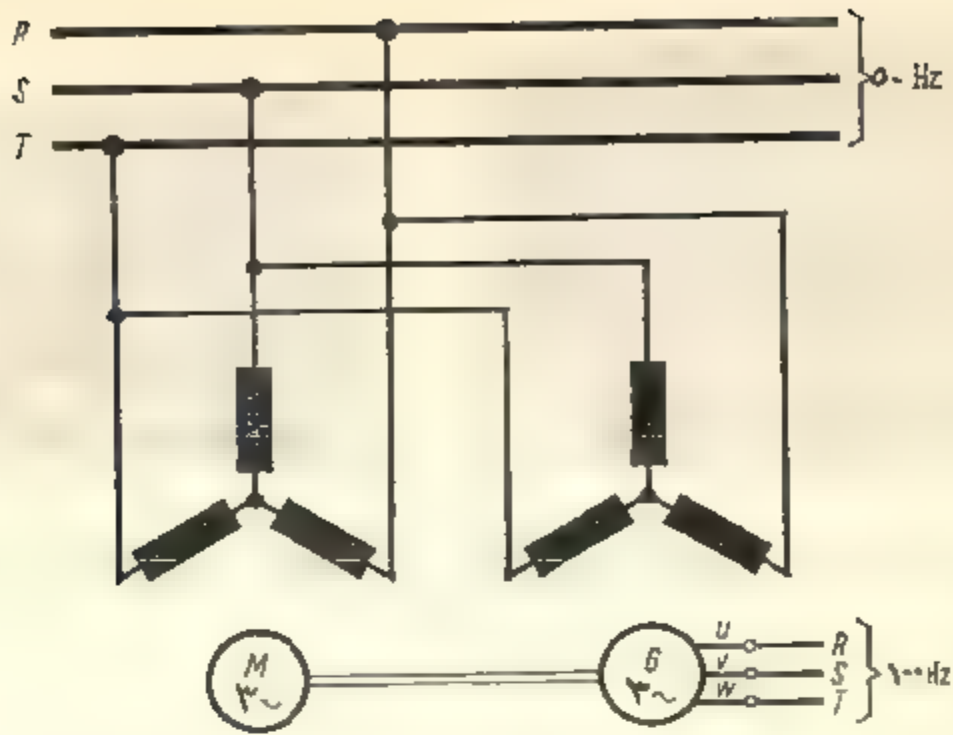
ومن عيوب هذه المغيرات الدوارة أنها لا تستخدم في تغذية الأحمال ذات القدرة العالية ، حيث أن ملفاتها الثانوية غير قادرة على تغذية هذه الأحمال الكبيرة بجهود ثابتة ويلزم في مثل هذه الأحوال توصيل ملفات الثانوية للمغيرات الدوارة بمحول توافق (أى يعمل على جعل الجهد ثابت كلما أمكن) ، يقوم بتغذية الأحمال بالجهود القياسية الثابتة المطلوبة . ويبين شكل (١٥٥) مغيرا دوارا من هذا النوع يستخدم في عمليات الإشارة والإذار .

رابعاً - مغيرات التردد

(٤٧) كيفية عمل مغيرات التردد :

تستخدم مغيرات التردد في توليد جهد له تردد يختلف عن تردد المنبع . فقد يكون تردد المنبع غير ملائم للإدارة بسرعة دوران عالية تناسب مع طبيعة الحمل . فن المعروف أن سرعة دوران المحركات تناسب تناسباً طردياً مع تردد الجهد الذى يظيها ، كما أنها تناسب تناسباً عكسياً مع عدد أزواج أقطابها . وعليه فإن أقصى سرعة دوران للمحركات الحثية لا يتعدى ٣٠٠٠ لفة / في الدقيقة ، وذلك في حالة تغذيتها بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة في الثانية . ولما كان هناك الكثير من عمليات التشغيل التى تتطلب سرعة دوران عالية لا تقل عن ٤٠٠٠ أو ٥٠٠٠ لفة في الدقيقة مثل أعمال قطع الخشب وغيرها . لذلك تستخدم مغيرات التردد في تزويد مثل هذه المحركات بجهد له تردد يزيد على ٥٠ ذبذبة في الثانية حتى يمكن رفع الحد الأقصى لسرعة دوران المحركات إلى الحد المطلوب .

وتتركب مغيرات التردد عادة من مجموعة محرك حثي ثلاثي الأطوار ومولد حثي ثلاثي الأطوار أيضا . وينفذ المحرك والمولد بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة في الثانية .



الشكل (١٥٦) أساس عمل مغير التردد .

ونتيجة لتغذية العضو الساكن للمولد بجهد له تردد ٥٠ ذبذبة فإنه يتولد أيضاً بعضو الدوار جهد دوار بتردد ٥٠ ذبذبة في الثانية (عندما يكون العضو الدوار ساكناً) أما عندما يقوم المحرك بإدارة العضو الدوار للمولد بسرعة ٣٠٠٠ لفة في الدقيقة وفي اتجاه عكس اتجاه دوران المجال الدوار الناتج فيه بالحث ، فإننا نحصل من المولد على جهد له تردد مساو لمجموع الترددين . ويبين شكل (١٥٦) أساس عمل مغير التردد .

محاسن : المقومات

(٤٨) أنواع المقومات وطريقة عملها :

سبق أن ذكرنا أن المخيرات الدوارة تستخدم لتحويل تيار المتردد إلى تيار مستمر ولكن القدرة الكهربائية المحوّلة بهذه الطريقة تكون صغيرة نسبياً . لذلك تستخدم المقومات لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ولكن بقدوات كبيرة .

وتقسم المقومات إلى :

- (أ) مقومات ذات ملامسات ميكانيكية .
- (ب) مقومات معنوية أو مقومات شبه موصلة .
- (ج) مقومات بالتفريغ النازي أو المقومات الصمامية .

(٤٩) المقومات ذات الملامسات الميكانيكية :

يستخدم هذا النوع من المقومات لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ، والعكس . وتركيب هذه المقومات (ذات الملامسات الميكانيكية) في أبسط صورها من محرك له عمود إدارة لا مركزي يدور بسرعة ثابتة . يقوم هذا المحرك بفتح وقفل الملامسات الميكانيكية بطريقة معينة وبتوقيت مضبوط ، بحيث يسمح فقط للنصف الموجب من موجة التيار المتردد بالمرور في الدائرة عند نفس الملامسات ، في حين يمنع مرور النصف السالب . ولمنع حدوث أية شرارة أثناء عملية فتح ملامسات تستخدم عدة وسائل أهمها توصيل ملفات ذات عازلة عالية على التوالي بهذه الملامسات ، كما يوصل على التوازي بهذه الملفات مكثفات ذات مقننات مناسبة (لمنع الشرارة) . وتجب العناية باختيار لحظة فتح وقفل الملامسات بحيث يتم ذلك عند اللحظة التي تكون فيها قيمة التيار صفراً حتى لا تحدث الشرارة . ويكثر استخدام المقومات ذات الملامسات الميكانيكية في عمليات التحليل الإلكتروني وعمليات المغنطة .

(٥٠) المقومات شبه الموصلة :

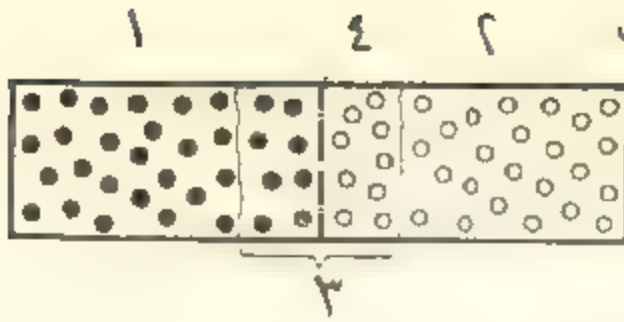
أمكن من زمن طويل معرفة الخاصية التي تتميز بها المواد شبه الموصلة ، وهي السماح للتيار الكهربائي بالمرور خلالها في اتجاه معين ، ومقاومتها الشديدة له عند مروره في الاتجاه المصاد . وقد استخدمت هذه المواد بكثرة في عمية تقويم التيار المتردد لتحويله إلى تيار مستمر . وازدادت أهمية هذه المواد وخاصة في مجال هندسة القوى الكهربائية ، بعد اكتشاف المقومات المعدنية شبه الموصلة المصنوعة من الجرمانيوم والسيليكون . ومازالت المقومات المعدنية المصنوعة من السيليونيوم ، والمقومات المعدنية المصنوعة من أكسيد السعاسوز ، مستعملة بكثرة في عملية تقويم التيار المتردد ، وتحويله إلى تيار مستمر . وتستخدم هذه المقومات عادة في تغذية أجهزة القياس ، ومعدات شحن المراكم ، وأجهزة الراديو ، والتليفزيون ، والتليفون . وغيرها من الأجهزة المختلفة . وفيما يلي وصف موجز لطريقة عمل المقومات شبه الموصلة .

طريقة التوصيل في المقومات شبه الموصلة :

لشرح أساس عملية التقويم باستخدام المواد شبه الموصلة ، يمكن أن نأخذ مادة الجرمانيوم التي كتل لهذه المواد شبه الموصلة .

من المعروف أن مادة الجرمانيوم لها تكوين بلوري خاص رباعي التكافؤ (به أربعة إلكترونات للربط) وأن مقاومتها النوعية عند درجة الصفر المطلق (- ٢٧٣°م) عالية جداً (لها قيمة لا نهائية) . وتقل مقاومة الجرمانيوم كلما ارتفعت درجة حرارته ، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من قابليته لتوصيل الكهرباء نتيجة لما يسمى بالإثارة الحرارية الذاتية التي تدفع الإلكترونات الجرمانيوم محركة . وحركة الإلكترونات الجرمانيوم أقل بكثير من حركة الإلكترونات الحرة في المعادن .

الشكل (١٥٧) رسم تخطيطي يمثل مقوما شبه موصل



- ١ - بلورات من النوع N السالب التوصيل .
- ٢ - بلورات من النوع P الموجب التوصيل .
- ٣ - السطح الفاصل
- ٤ - الطبقة الفاصلة

فإذا حدثت إزاحة لأحد الإلكترونات في منطقة أو جزء صغير من المادة شبه الموصلة ، فإن الإلكترونات تقل في هذا الجزء ويصبح التركيب البلوري لهذه المادة في ذلك الجزء مكوناً من ثقبين مكان الإلكترونات التي تركتها ، وتصبح هذه الثقوب شحنة موجبة . وحيث أن المادة لا يمكن أن تبقى على هذه الحال ، أي أنه لا بد أن تحدث عملية تعادل للشحنات ، لذلك نجد أن حركة الإلكترونات (الشحنات السالبة) في هذه المواد تأخذ اتجاهاً وحيداً مفصلاً ، في حين تتحرك الثقوب (الشحنات الموجبة) في الاتجاه المضاد لحركة الإلكترونات . وعلى ذلك تنقسم طبيعة التوصيل داخل المادة شبه الموصلة إلى نوعين . الأول ينتج من حركة الإلكترونات في الاتجاه المعكوس ، ويصدق عليه التوصيل الإلكتروني أو التوصيل لسالب . والثاني ينتج من حركة لثقوب في الاتجاه المضاد ، ويطلق عليه التوصيل بالثقوب أو التوصيل لموجب . وهذان النوعان من التوصيل لا فائدة لهما من ناحية الاستخدام العملية ، لأن حدوثهما يتم داخل مادة الجرمانيوم . وحيث أنهما متساويان في القيمة ومتضادان في الاتجاه ، فإن المادة تبدو وكأنها متعادلة من الناحية الكهربائية . وعلى ذلك فإن تغير المقاومة النوعية للمادة شبه الموصلة عند ارتفاع درجة حرارتها يرجع إلى هذين النوعين من التوصيل

ومن الممكن تغيير ظاهرة تعادل الشحنات السالبة والموجبة في المادة شبه الموصلة بإضافة كمية صغيرة مضبوطة تماماً من مواد أخرى يطلق عليها اسم « شوائب » مثل أجاليوم والأنثيمون . فإذا أضيفت ذرة جاليوم ثلاثية التكافؤ به ثلاث ذرات ترتبط إلى الجرمانيوم الرباعي التكافؤ ، فإن هذا يؤدي إلى زيادة كثافة التوصيل الموجب في الجرمانيوم عن كثافة التوصيل السالب . وتعرف المادة شبه الموصلة في هذه الحالة بأنها مادة موجبة التوصيل من النوع (ب) (P) أما إذا أضيفت ذرة خمسية التكافؤ من مادة الأنثيمون إلى جرمانيوم مكان ذرة الجاليوم ، فإن ذرة الأنثيمون تقوم بعملية « الدفع الإلكتروني » ، أو زيادة كثافة التوصيل السالب ، وبذلك ينعكس الجرمانيوم من حالة التوصيل الموجب « ب » (P) إلى حالة التوصيل السالب ، وتعرف المادة شبه الموصلة في هذه الحالة بأنها مادة سالبة التوصيل من النوع « ن » (N) .

وبين شكل (١٥٧) كيف تتم عملية السماح للإلكترونات بالمرور وكيف تتم عملية إيقافها . فإذا كان لدينا مادة شبه موصلة مثل الجرمانيوم لها تكوين بلوري وباعى التكافؤ وقسمت

إلى حزمين أضيف إلى أحد الحزمين ذرة جاليوم ثلاثية التكافؤ وأضيف إلى الجزء الآخر ذرة أنتيمون خماسية تكافؤ فإن عملية التوصيل داخل المادة شبه الموصلة تصبح كالآتي :

يقوم الجزء الذي يحتوي على ذرة الجاليوم بمنع مرور الإلكترونات في هذا الجزء لأنه أصبح موجب التوصيل من النوع « ب » نظراً لوجود ذرة ناقصة (حيث أن بها ثلاث ذرات ترابعد فقط) ، بينما يقوم الجزء الآخر الذي يوجد به ذرة الأنتيمون بإسماح مرور الإلكترونات في هذا الجزء ، لأنه سالب التوصيل من النوع « ن » لوجود ذرة زائدة (حيث أن بها خمسة ذرات ترابعد) ، أما المنطقة الواقعة بين الجزء السالب التوصيل « ن » والجزء الموجب التوصيل « ب » فتستمر فيه عملية خروج الإلكترونات من الجزء « ن » إلى الجزء « ب » ، كما يتم فيها أيضاً خروج شحنات موجبة (ثقبوب) من الجزء الموجب « ب » إلى الجزء السالب « ن » حتى تتكون منطقة متعادلة الشحنة لا يوجد بها أى شحنات سالبة أو موجبة ، تسمى المنطقة الفاصلة ، وأما الخط الذي يفصل بين الحزمين « ب » ، « ن » فيسمى الخط الحاجز .

وعندما توضع مثل هذه المادة في دائرة تيار مستمر ، ويوصل القطب الموجب للتيار المستمر بالجزء الذي يوجد به بلورات من النوع « ن » (السالب التوصيل) فإن الإلكترونات الموجودة في هذا الجزء تمر فوراً إلى الجزء « ب » كما أن إلكترونات التيار المستمر تمر أيضاً بسهولة إلى الجزء « ن » حتى تملأ الثقبوب (أى حتى تتبادل الشحنة الموجبة الموجودة بالجزء « ب » وبذلك يستمر مرور التيار في هذا الاتجاه) .

أما عند عكس عملية التوصيل بحيث يوصل القطب السالب بالجزء « ن » (السالب التوصيل) مكان القطب الموجب ، فإن مرور الإلكترونات يتوقف فوراً وتصبح المادة غير موصلة .

وعلى ذلك إذا أدخل المقوم شبه الموصل في دائرة تيار متردد وتم توصيله بـ كيميائية سابقة فلا يمر التيار إلا في أحد نصفي الدورة . وهذه الكيمياء تتم عملية تقويم التيار المتردد وتحويله إلى تيار مستمر بواسطة المواد شبه الموصلة .

وفيما يلي مسح لبعض المميزات الخاصة بأنواع المقومات الممدية والمقومات شبه الموصلة المستخدمة في عمليات تقويم تيار المتردد لتحويله إلى تيار مستمر .

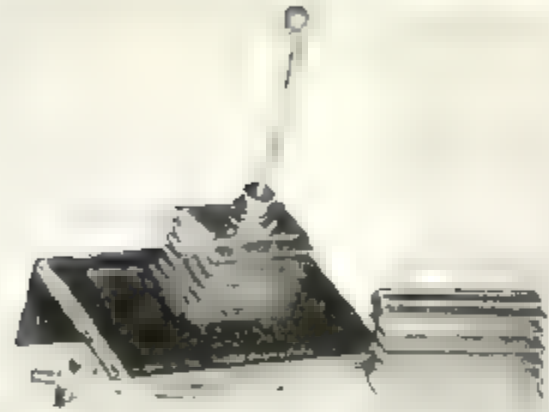
نوع المادة				المميزات
السليكون	الجرمانيوم	السيليونيوم	أكسيد النحاسوز	أقصى كثافة للتيار (بالأمبير / سم ²) المار في المادة شبه الموصلة بنهوية ذاتية بنهوية منفصلة جهد التغذية (الجهد المعكوس) أقصى حد لدرجة حرارة التشغيل (م°) كفاءة الخلية المساحة النسبية المطلوبة حتى يمكن أن تعطى نفس قدرة المخرج بالنسبة لمادة السليكون
٨٠	٤٠	٠,٠٧	٠,٠٤	
٢٠٠	١١٠	٠,٢	٠,١٤	
٣٨٠	١٠٠	٢٥	٦	
٥١٤٠	٥٦٥	٥٨٥	٥٥٠	
٩٩,٦	٩٨,٥	٩٢	٧٨	
١	٣	١٥	٣٠	

بالرجوع إلى هذا الجدول يتضح أن أهم بند يتعلق بهندسة القوى الكهربائية هو جهد التغذية (الجهد المعكوس) . حيث أن هذا الجهد يحدد عدد الخلايا شبه الموصلة التي يجب توصيلها ببعضها البعض ، لثلاث جهود التغذية المستخدمة في هندسة القوى الكهربائية (١١٠ ، ٢٢٠ ، ٣٨٠ فلت) .

وبين المثال التالي أهمية جهد تغذية المقوم .

مثال : عند تقويم تيار متردد بجهد ٢٢٠ فلت يلزم توصيل ٩ خلايا من المقومات السيليونيوم على التوالي لهذا الغرض ، بينما يكتفى باستخدام خلية واحدة من خلايا السليكون ذات النهوية المنفصلة . وتستخدم حالياً خلايا السليكون المبنية في الشكل (١٥٨) في عملية التقويم المستخدمة في التحليل الكهربائي ، وفي أفران القوس الكهربائي ، وفي تغذية المحركات المستخدمة في الجر الكهربائي ، وفي عمليات الإثارة المستخدمة في المولدات التزامية وكصدر لتغذية أجهزة التحكم والإشراف بالتيار المستمر .

ويطلق اسم « المقومات الشائبة » على مثل هذه المقومات التي سبق شرحها ، حيث أنها تقوم بنفس عملية التقويم التي تتم بواسطة الصمام الثنائي ، ويصنع حالياً الكثير من المقومات شبه الموصلة . وتجهز المقومات بدوائر الترشيع والتنميط للحصول على تيار مستمر مملس ذي جهد ثابت باستخدام وسائل قياسية لضبط الجهد والتيار . ويتم صنع مثل هذه المقومات حالياً بطرق اقتصادية وسليمة .

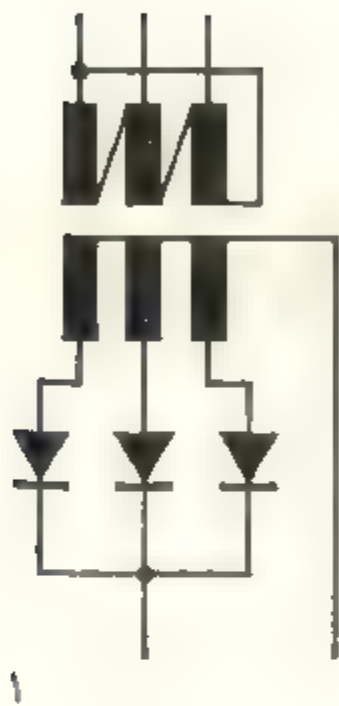


الشكل (١٥٨) مقوم سيليكون

(٥١) دوائر التقويم ودوائر الترشيع :

تبين الأشكال (١٥٩ - ١٦٢) دوائر التقويم التقليدية ، التي نستخدم فيها المقومات المعدنية . وهذه الدوائر شائعة الاستعمال في مجال هندسة القوى الكهربائية . ويمكن بواسطة هذه الدوائر الحصول على تيار مقوم تقريباً نصف موجي ، أو تيار مقوم تقويمياً كاملاً ، في نظام وحيد الطور أو ثلاثي لأطوار . ومن المعروف أن التيار المقوم بواسطة المقومات المعدنية يعتبر تياراً نابضاً ذا شدة متغيرة ، ولذلك فهو لا يصلح للأغراض التي تستدعي ثبوت التيار (كأجهزة الراديو مثلاً) .

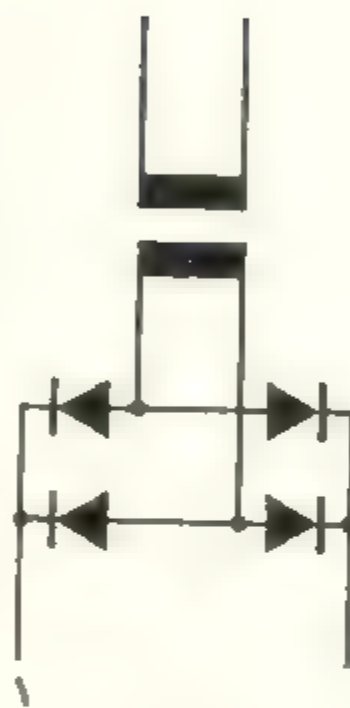
ولاستغلال تيار مستمر سوى منم ، خال من التموجات ، يمرر التيار الناتج من المقوم في دائرة الترشيع . وتتكون دائرة الترشيع عادة من ملفات كابحة ومكثفات . وتعمل الملفات على إعاقة التغير في شدة التيار نتيجة لحثها الذاتي الكبير . أما المكثفات فتقوم بخزن الشحنة عند ارتفاع الجهد وتفرغها عند انخفاضه ، وبذلك نحصل على تيار سوى أملس . وسيأتي شرح ذلك في مجال هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية عند التعرض لعملية تغذية الأجهزة بالتيار المستمر



الشكل (١٦٢)
دائرة ثلاثية الأطوار
بسلك متعادل للحصول
على تيار مستمر
بنبضات قليلة
١ - رسم تخطيطي
للدائرة .
٢ - نموذج للتيار
المستمر الناتج بنبضات
قليلة .



الشكل (١٦١)
دائرة قنطرية وحيدة
الطور .
١ - رسم تخطيطي
للدائرة .
٢ - نموذج لنبضات
التيار المستمر .



الشكل (١٦٠)
دائرة وحيدة الطور
بسلك متعادل لتقويم
(لتوحيد) الموجة
الكاملة .
١ - رسم تخطيطي
للدائرة .
٢ - نموذج لنبضات
التيار المستمر الناتج .



الشكل (١٥٩)
دائرة وحيدة الطور
لتقويم نصف الموجة .
١ - رسم تخطيطي
للدائرة .
٢ - نموذج لنبضات
التيار المستمر الناتج .

الباب السادس

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بواسطة المحركات أو المعطيات الرافعة .

المحركات الكهربائية

(٥٢) تصنيف المحركات :

يتم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية عادة بواسطة آلات دوارة يطلق عليها اسم المحركات . تغذى هذه المحركات بالطاقة الكهربائية ، ويحصل على الطاقة الميكانيكية المطلوبة نقيعة لدوران اعصر اندوار للمحرك وقد استخدمت المحركات في بادئ الأمر بحيث يكون لكل آلة إنتاج محرك معصّل ، ثم أدخل العديد من التحسينات على أداء المحرك ، بحيث أصبح المحرك الواحد يقوم بإدارة أكثر من آلة إنتاج . وفي الوقت الحاضر نستخدم عدة محركات لتقوم بإدارة أكثر من عمود تشغيل في ماكينة إنتاج واحدة . ويطلق عليها اسم « الماكينات ذات الأعمدة المتعددة »

وفي هذه الماكينة يمكن أن يقوم كل محرك بإنتاج جزء مختلف عن الجزء الذي ينتجه المحرك الآخر . ولاختيار نوع من أنواع المحركات الكهربائية المختلفة ليلائم حملاً معيناً له ظروف تشغيل خاصة ، يجب مراعاة الاعتبارات الآتية :

- ١ - نوع الجهد الذي يعمل عليه الحمل وقيمة هذا الجهد .
 - ٢ - نوع التيار ولذاثة (تيار مستمر أو تيار متردد) .
 - ٣ - نوع الحمل : القدرة اللازمة له ، والسرعة ملائمة لأدائه ونوع الخدمة المطلوبة .
- ويعتبر السد الثالث أكثر البنود أهمية عند اختيار المحرك المناسب للحمل . لذلك تقسم المحركات تبعاً للمتطلبات اللازمة توفرها في المحركات لتلائم الأحوال المختلفة تبعاً لما يلي

- (أ) نوع الخدمة التي يمكن أن يعمل على أساسها المحرك .
- (ب) نوع الوقاية التي يجب توفرها بالمحرك ليلائم التشغيل مع الأحوال المختلفة .
- (ج) تصميم المحرك وطريقة تثبيته .
- (د) سرعة المحرك وطريقة تغير السرعة بتغير الحمل .

(٥٣) تصنيف المحركات تبعاً لنوع الخدمة :

يعرف نوع الخدمة للمحرك بأنه الأداء الذي يجب أن يقوم به المحرك في زمن تشغيل معين ،
لياسب الحمل . على ألا تتعدى درجة حرارة المحرك في نهاية فترة التشغيل الحد الأقصى لدرجة
الحرارة المسموح به والتي إذا زادت عنه قد تؤدي إلى تلف المحرك .
وتنقسم المحركات تبعاً لنوع الخدمة إلى :

(أ) محركات بخدمة مستمرة :

تعتبر المحركات بخدمة مستمرة أهم مجموعة المحركات على الإطلاق . وتصمم هذه المحركات
بحيث لا يتعدى الحد الأقصى لارتفاع درجة حرارة المحرك إذا استمر تشغيله بصفة مستمرة أحد
المسموح به ، والذي قد يؤدي إلى تلفه .
ولا يعب هذه المحركات سوى ارتفاع ثمن تصميمها وبين شكل (١٦٣) طريقة أداء
أحد هذه المحركات .

(ب) محركات بخدمة لفترة قصيرة :

تصمم هذه المحركات بحيث لا يتعدى الحد الأقصى لارتفاع درجة الحرارة فيها عن قيمة
معينة عند تشغيلها لفترة زمنية محددة . ويراعى في هذه الحالة أن يكون طول الفترة الزمنية التي
تلى عمية التشغيل ، والتي يبقى فيها المحرك ساكناً بدون عمل ، كافياً لتبريد المحرك أو الآلة
بحيث تعود درجة حرارتها إلى درجة حرارة المحررة (باستخدام وسط مبرد أو بدونه) . وبين
شكل (١٦٤) طريقة أداء أحد هذه المحركات .

(ج) محركات تعمل بصفة مستمرة غير أن تحميلها لا يستغرق إلا فترات قصيرة فقط :

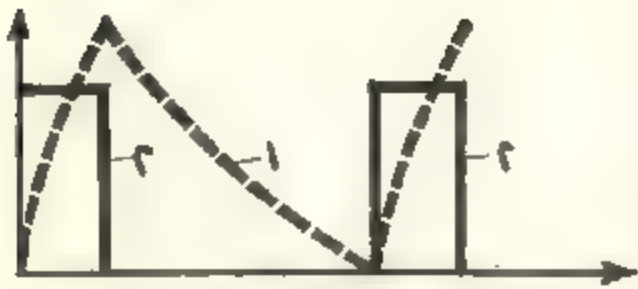
هذه المحركات يتم تحميلها بفترات قصيرة ك في النوع السابق ، إلا أنها تختلف عن محركات
الخدمة لفترة قصيرة ، من حيث أن هذه المحركات تستمر في الدوران بدون حمل خلال فترات عدم
التحميل .

وبين شكل (١٦٥) طريقة أداء أحد هذه المحركات .

(د) محركات بخدمة متقطعة :

يتم تحميل هذه المحركات بنفس الكيفية التي تحمل بها محركات الخدمة لفترة قصيرة ، غير أنه
في هذه الحالة يكون طول الفترة الزمنية التي تلى فترة لتشغيل ، والتي تبقى فيها المحركات ساكنة
بدون عمل ، غير كاف لإعطاء المحركات فرصة لكي تبرد وتعود درجة حرارتها إلى درجة حرارة
المحررة . وينطبق على هذه المحركات نفس مميزات وخواص المحركات التي تعمل بصفة مستمرة ،
إلا أن تحميلها لا يستغرق إلا فترات قصيرة فقط .

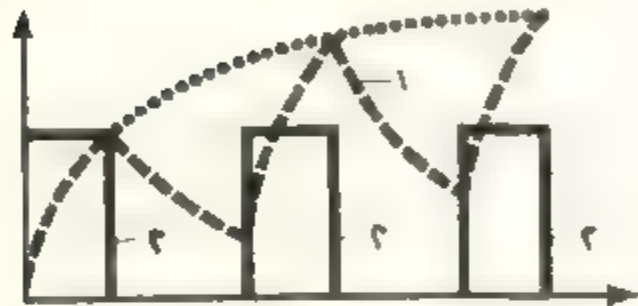
وبين الشكل (١٦٦) طريقة أداء أحد هذه المحركات .



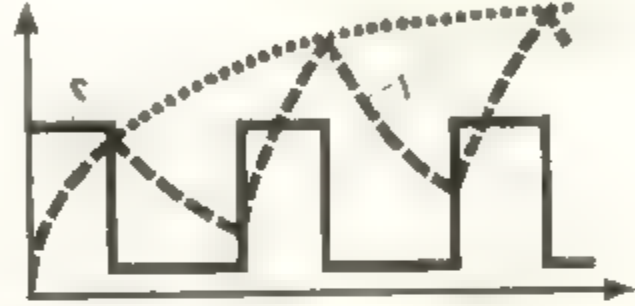
الشكل (١٦٤) تشغيل بحمل بفترة قصيرة
١ - حدود ارتفاع درجة الحرارة .
٢ - طريقة التحميل .



الشكل (١٦٣) تشغيل بحمل مستمر
١ - حدود ارتفاع درجة الحرارة .
٢ - تحميل مستمر .



الشكل (١٦٦) تشغيل بتشغيل بطريقة متقطعة
١ - حدود درجة الحرارة .
٢ - طريقة التحميل .



الشكل (١٦٥) تشغيل مستمر مع تحميل لفترة قصيرة
١ - حدود درجة الحرارة .
٢ - طريقة التحميل .

(٥٤) تصنيف المحركات تبعاً لدرجة الوقاية المتوفرة فيها :

تصنف المحركات تبعاً لنوع الوقاية المتوفرة فيها كالآتي

- ١ - محركات مزودة بوسائل لوقاية الأفراد من الصدمات الكهربائية .
- ٢ - محركات مزودة بوسائل للوقاية من دخول الماء والرطوبة إليها
- ٣ - محركات مزودة بوسائل للوقاية من دخول الأتربة والمواد الغريبة إليها .

ولكل نوع من أنواع الوقاية رمز أو علامة تدل عليه ، وتوضح هذه العلامة على المحرك من الخارج .

ويبين الجدول التالي المميزات التي تتمتع بها المحركات تبعاً لدرجة الحماية المتوفرة فيها

الوقاية من المواد الغريبة	الوقاية من الصدمات الكهربائية	الوقاية من الماء والرطوبة
تتم وقاية المحرك الذي يحمل هذا الرمز من دخول الجسيمات التي يصل قطرها حتى ٥٠ م إلى المحرك . أو دخول الجسيمات التي يصل قطرها ٨ م أو الغبار الخشن أو أي أتربة الأخرى .	يتم وقاية المحرك الذي يحمل هذا الرمز بحيث لا يسمح بلمس أي مساحة كبيرة منه بالأصبع أو بالأدوات أو بشابه ذلك أو بأي وسيلة أخرى من وسائل اللمس .	يتم وقاية المحرك الذي يحمل هذا الرمز من الماء المتناثر (الطرشقة) . ومن الماء المتدفق ، ومن ماء الرش ، ومن الماء المضغوط (التافوري) ومن الماء عموماً

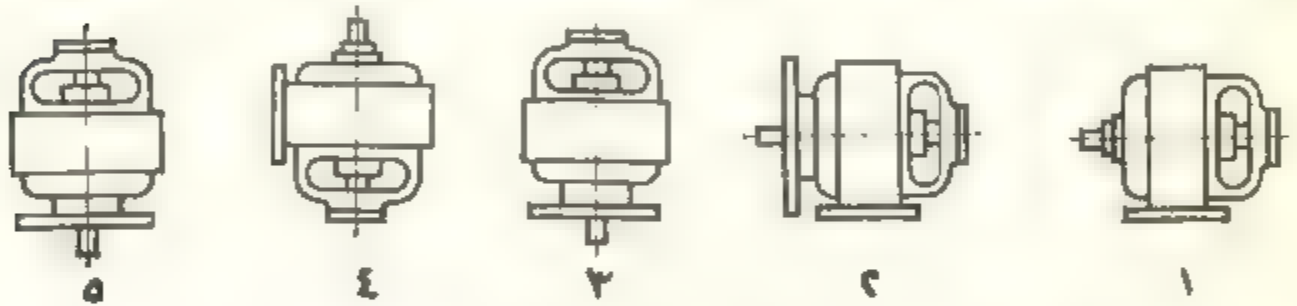


الشكل (١٦٧) محرك موقى من المواد الفريية
أو الجسيمات المتوسطة الحجم ، ومن وصول
الأصابع إلى داخله

ويبين شكل (١٦٧) محركاً كهربائياً عليه علامة مرققة على عطاء الهيايت تدل على درجة
ونوع العمل المستخدم في صنع المحرك ودرجة الوقية المتوفرة فيه .

(٥٥) تصنيف المحركات تبعاً لتصميمها وطرق تثبيتها :

تقسم المحركات عادة تبعاً لتصميمها وطرق تثبيتها لتناسب نوع الحمل . ويبين الجدول التالي
الطرق المختلفة لكيفية تركيب وتثبيت أكثر أنواع المحركات شيوعاً والرقم الممر لكل منها .



الشكل (١٦٨) الجدول المرفق يبين خصائص كل نوع من هذه المحركات

(٥٦) تصنيف المحركات تبعاً لتغير سرعتها بتغير الحمل :

تقسم المحركات تبعاً لتغير سرعتها نتيجة لزيادة أو نقص الحمل إلى .

- ١ - محركات ذات سرعة دوران ثابتة لا تتغير سرعتها بتغير الحمل .
- ٢ - محركات ذات سرعة دوران تتغير تبعاً لزيادة أو نقص الحمل ، ويطلق عليها «محركات
بسرعة محكومة بالحمل» .

أولاً - المحركات ذات السرعة الثابتة :

يوجد الكثير من محركات التيار المتردد ومحركات التيار المستمر ذات السرعة الثابتة التي
لا تتغير بتغير الحمل . وقبل أن نتعرض لمحركات التيار المتردد بسرعة ثابتة ، يجب أولاً أن نعرف
ما تعنيه سرعة المجال الدوار للتيار المتردد .

أنواع المحركات						التصميم
٥	٤	٣	٢	١		
يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . الإطار بدون أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر 'طركمن' النهاية السفلى . للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكرتي التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأي محرك حادى . يمكن تثبيت بالملامح عن طريق أرجل التثبيت .	يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . الإطار بدون أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر الحركة من نهاية العليا . للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكرتي التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأي محرك حادى . يمكن تثبيته بواسطة ألواح ربط حلوية .	يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . الإطار بدون أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر الحركة من النهاية السفلى . للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكرتي التحميل بحيث يمكن وصل المحرك بأي محرك حادى . يمكن تثبيت المحرك على ألواح ربط معدنية .	يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . يوجد للإطار أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر الحركة من الطرفين . للمحرك ألواح وصل ملاصقة لكرتي التحميل عت يمكن وصل المحرك بأي محرك حادى . يشت على حوامل على إمكانية على إمكانية ربط .	يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . يوجد للإطار أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر الحركة من الطرفين . يمكن تركيب المحرك بواسطة أرجل التثبيت .	يحمل المحرك الدوار على كرتين من كرتي التحميل . يوجد للإطار أرجل تثبيت . موجود الإدارة حصر الحركة من الطرفين . يمكن تركيب المحرك بواسطة أرجل التثبيت .	تصميم كرتي التحميل تصميم الإطار والفلوف تصميم عمود الإدارة التصميم للمام
					يمكن تثبيت المحرك على القاعدة أو على قضبان مزلفة .	كيفية تثبيت المحرك

ويوضح من شكل (١٦٨) أن توصيد الطرق المختلفة المتبعة في تركيب المحركات يؤدي إلى تسهيل التبادلية واستخدام محرك من نوع معين مكان محرك من نوع آخر .

سرعة المجال الدوار وكيفية تولد عزم الدوران في محركات التيار المتردد :
يمكن حساب سرعة المجال الدوار لأي محرك ، بمعرفة تردد جهد المنبع ، وعدد أزواج الأقطاب
في المحرك أو المولد ، من المعادلة الآتية :

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

حيث f تردد المنبع ،
 p عدد أزواج الأقطاب ،
 n عدد دورات الآلة في الدقيقة .

ويتم توليد عزم الدوران للمحرك عند توصيل العضو الساكن بالمنبع ، حيث يتولد الحث في العضو الدوار جهد له قيمة معينة يؤدي إلى وجود مجال مغناطيسي بالعضو الدوار . ويتولد عزم الدوران المطلوب نتيجة لتفاعل المجال المغناطيسي الموحد في العضو الساكن مع المجال المغناطيسي المتولد بالحث في العضو الدوار . وكلما زادت سرعة العضو الدوار ، يقل الجهد المتولد بالحث فيه ، حتى يصل هذا الجهد إلى الصفر ، ولا تحدث هذه الحالة الأخيرة إلا إذا دار بسرعة مساوية تماماً لسرعة المجال الدوار في العضو الساكن . وتسمى سرعة المحرك في هذه الحالة الأخيرة السرعة المتزامنة . غير أن سرعة العضو الدوار لا يمكن أن تصل إلى هذه السرعة في المحركات اللازامية ، نتيجة لوجود قوى الاحتكاك في كراسي التحميل . ويجب التنويه هنا بأن قيمة النقص في سرعة دوران العضو ، الدوار عن سرعة المجال ، منسوبة إلى سرعة المجال ، تسمى « الانزلاق » . وتتراوح قيمة الانزلاق بين ٢٪ ، ٦٪ من سرعة المجال الدوار . ويقال في هذه الحالة أن العضو الدوار يدور بسرعة لاتزامنية .

وفيما يلي جدول يبين سرعة العضو الدوار لبعض الآلات اللازامية ، بالمقارنة بسرعة المجال ، عندما يكون عدد أزواج الأقطاب ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ :

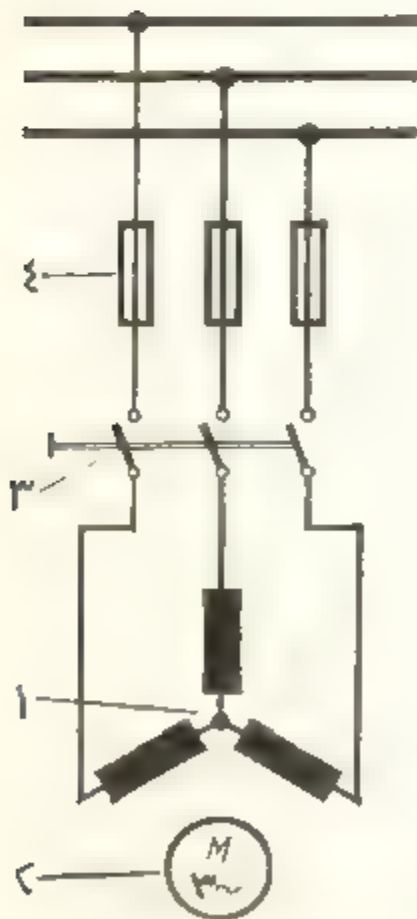
عدد أزواج الأقطاب	١	٢	٣	٤
سرعة المجال (لفة في الدقيقة)	٣٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
السرعة المقننة للعضو الدوار (لفة في الدقيقة)	٢٨٧٥	١٤٢٥	٩٢٥	٧٢٠

وفيما يلي شرح مبسط لأهم أنواع المحركات ذات السرعة الثابتة .

(٥٧) محركات ثلاثية الأطوار بعضو دوار على هيئة قفص سنجابي :

الشكل (١٦٩) لمحرك ثلاثي الأطوار حتى بعضو دوار على هيئة قفص سنجابي . هذا النوع من المحركات يعتبر أكثر أنواع المحركات استخداماً في إدارة آلات لإنتاج . وتتميز هذه المحركات بتصميم

يفوق ما عداها من المحركات من حيث التحميل ، كما أنها لا تحتاج إلا لأقل مجهود لصيانتها ، هذا بالإضافة إلى أن تكاليف تصميمها اقتصادية للغاية . ويتكون العضو الساكن من شرائح من الحديد السليكوني توضع بها الملفات بطريقة معينة ، بحيث يتولد بالعضو الساكن مجال دوار بمجرد توصيل الملفات بمنبع تيار متردد . ويتكون العضو الدوار من عمود إدارة ، عليه شرائح من الصلب السليكوني ، مجموعة مع بعضها البعض بأشكال مختلفة ، لها مجار توضع بداخلها قضبان موصلة (من الألمنيوم أو النحاس) . وتوصل نهايات القضبان ببعضها البعض بواسطة حلقتين موصلتين لتقشير دائرة هذه القضبان كما هو مبين بالشكل (١٧٠) . وينتج عزم الدوران من تفاعل المجال المغنطيسي الدوار في العضو الساكن مع المجال المعطيسي المتولد بالحث في قضبان العضو الدوار . ويتم اختيار مقطع هذه القضبان الموصلة بحيث يبقى تيار بدء التشغيل أقل ما يمكن ، مع المحافظة على بقاء عزم الدوران ثابتاً عند التحميل . وتتميز هذه المحركات بعزم بدء تشغيل عال ، وبسرعة دوران ثابتة ، تعتمد على سرعة المجال الدوار . غير أنه يعيب هذه المحركات زيادة شدة تيار بدء التشغيل حتى إنه يصل في بعض الأحيان إلى خمسة أو ستة أضعاف التيار المقنن . وقد تؤدي زيادة شدة تيار بدء التشغيل إلى تلف الملفات أو حرقها . ولذلك يفضل تقليل تيار بدء التشغيل ، كلما أمكن ذلك . وفيما يلي موجز لتكيفية توصيل هذه المحركات بالمنبع عند بدء تشغيلها لتقليل تيار بدء التشغيل .



الشكل (١٦٩) دائرة توصيل محرك ثلاثي الأطوار

لا مزمان بعضو دوار على هيئة قفص سنجاب .

١ - ملفات العضو الساكن .

٢ - العضو الدوار .

٣ - مفتاح تحكم ثلاثي الأقطاب .

٤ - مصاهر .



الشكل (١٧٠) عضو دوار على هيئة قفص سنجاب

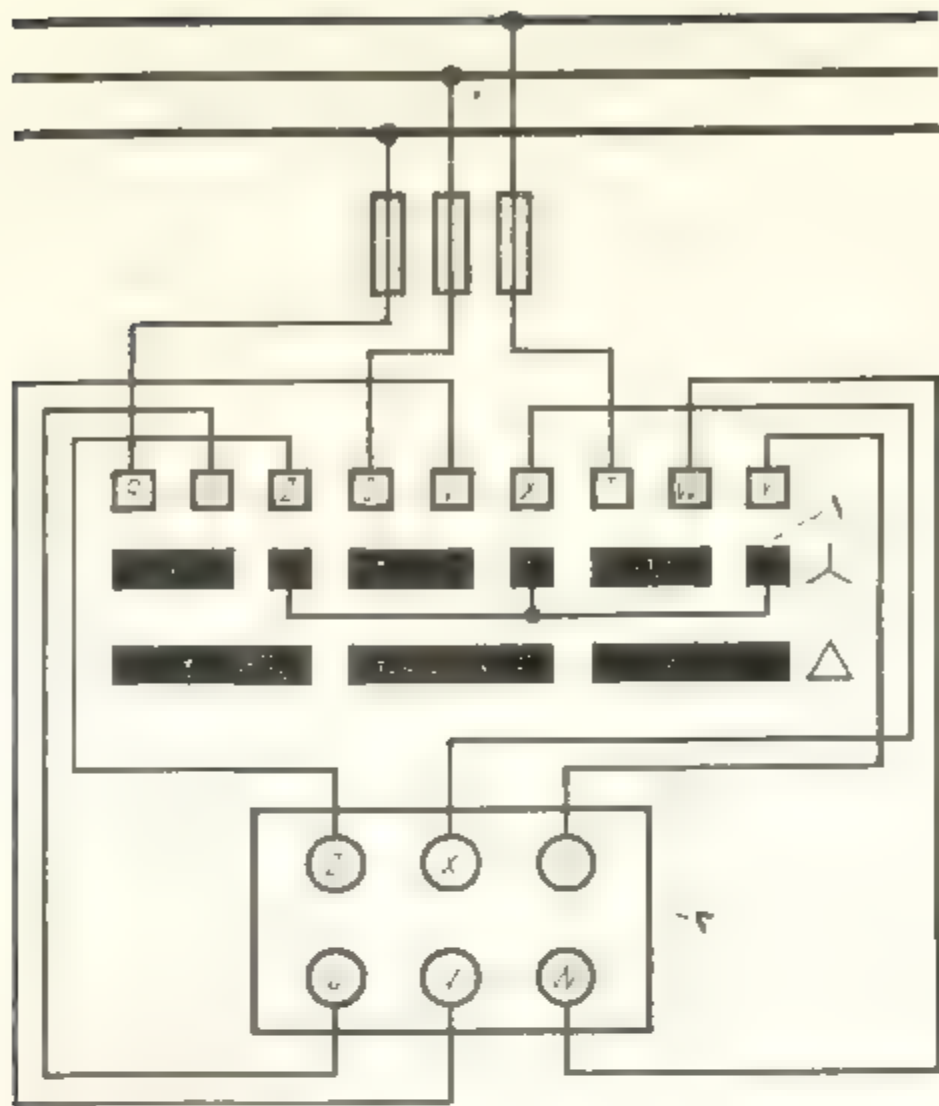
- ١ - عمود الإدارة
٢ - الشرائح الحديدية .
٣ - القصبان الموصلة .
٤ - حلقات لتقصير دائرة القصبان الموصلة .
٥ -

طرق توصيل المحركات الثلاثية الأطوار ذات القفص السنجاب بالمنبع عند بدء التشغيل :
المحركات التي لا تتعدى قدرتها المقسة ٣ كيلووات ، توصل مباشرة بالمسح ، حيث أن تيار بدء التشغيل هذه المحركات لا يتعدى ٤٨ أمبير إذا كن جهد المنبع ٣٨٠ فلت .

أما في المحركات التي تتعدى قدرتها ٣ كيلووات ، فيفصل استخدام وسيلة مناسبة لتخفيض تيار بدء التشغيل عند توصيلها بالمسح ، كوسيلة الجمة - دلتا مثلاً . ويلاحظ في هذه الحالة أن استخدام مثل هذه الوسائل يؤدي بالتالى إلى خفض عزم الدوران . وتوصيل وسيلة بدء التشغيل ، الجمة - دلتا بهذه المحركات ، يجب أن ترتب ملفات هذه المحركات بحيث يمكن توصيلها بطريقة التوصيل النجمي عند بدء التشغيل ، وعندما تصل سرعة المحرك إلى السرعة المقننة يلفى التوصيل النجمي وتوصل بطريقة « توصيل دلتا » ويكتب على مثل هذه المحركات مقننان للجهد ، المقنن الأول للتوصيل النجمي ، والمقنن الثانى للتوصيل دلتا . للمحرك ٣٨٠ فلت يكتب عليه ٣٨٠/٦٦٠ فلت ، والمحرك ٢٢٠ فلت يكتب عليه ٢٢٠/٣٨٠ فلت .

ويوصل المحرك بالمسح عند بدء التشغيل بالتوصيل النجمي ، لأن مقاومة المصو الساكن في حالة التوصيل النجمي أكبر مما في حالة التوصيل دلتا . وهذا يقلل من تيار بدء التشغيل ، ويؤدي بالتالى إلى خفض عزم الدوران . ولذلك يعصر تحويل التوصيل النجمي إلى توصيل دلتا بمجرد وصول سرعة دوران المحرك إلى السرعة المقننة .

ويبين شكل (١٧١) رسماً تخطيطياً لدائرة التوصيل الجمة - دلتا لأحد المحركات . وبالرجوع إلى هذا الشكل نجد أن طريقة ترتيب الملفات للمحرك ، وكيفية ترقيم لوحة النهايات تتم بطريقة معينة ، لتسهيل عملية تغيير توصيل هذه الملفات من التوصيل النجمي إلى توصيل دلتا ، كما هو مبين في شكل (١٧٢) . وفي حالة تعدد استخدام هذه الطريقة لبدء تشغيل بعض المحركات تستخدم بدلاً منها مقاومات توضع على التوالى مع ملفات المحرك عند بدء التشغيل ، ويتم فصلها عندما تصل سرعة العضو الدوار إلى السرعة المقننة .



الشكل (١٧١) أساس عمل مفتاح التوصيل النجمة - دلنا
١ - ملاسكات بشكل قناطر ٢ - علية توصيل نهايات المحرك

ويلاحظ في هذه الحالة عدم تحميل المحركات عند بدء تشغيلها لانخفاض عزم الدوران . ويعيب هذه الطريقة الأخيرة زيادة الفقد على هيئة حرارة مددة في هذه المقاومات وتمتاز المحركات على هيئة قفص سنجابي بثبات سرعة دوراتها ، ويمكن تغيير سرعتها فقط بتغيير تردد المنع ، أو بتغيير عدد الأقطاب أما تغيير اتجاه الدوران فيتم بتغيير تنابع توصيل الأطوار المختلفة بأطراف المحرك .

(٥٨) محركات تيار مستمر بلف على التوازي :

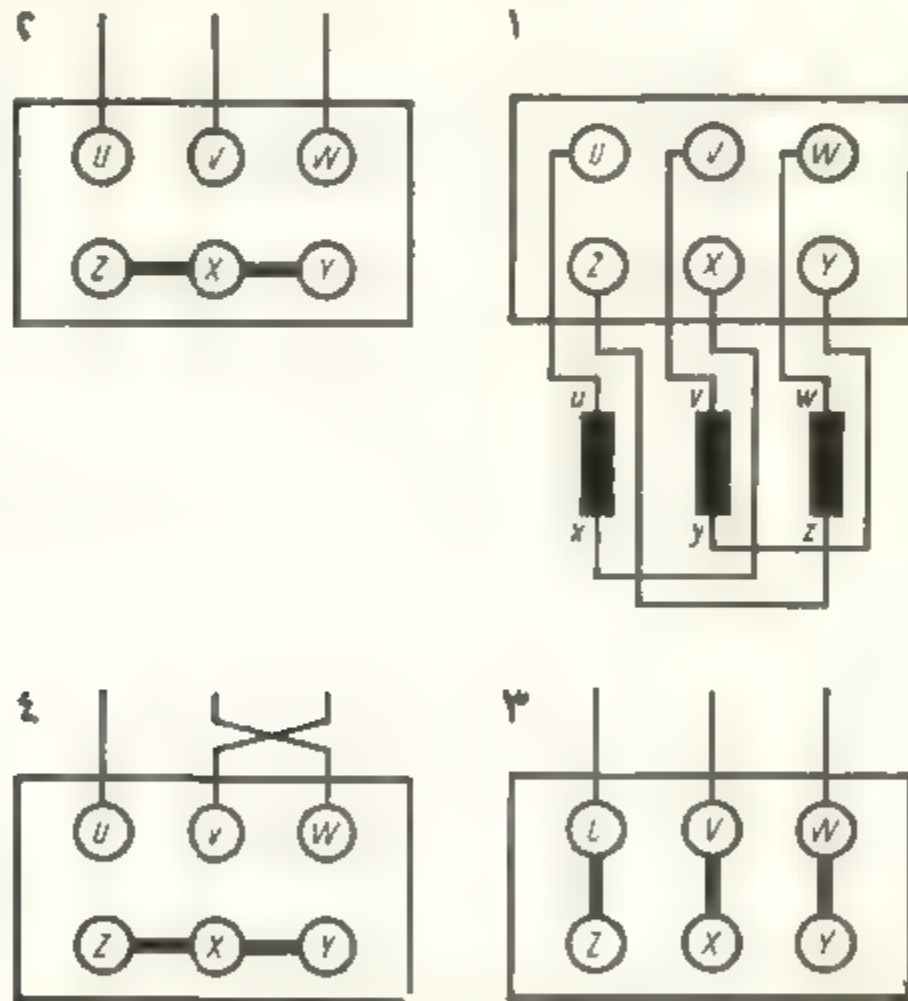
في هذه المحركات توصل ملفات المجال على التوازي بملفات عضو الإنتاج كما هو مبين بالشكل (١٧٣) . وتستخدم هذه المحركات في إدارة آلات الإنتاج التي تحتاج لسرعة دوران ثابتة . وتوصّل المحركات بالمسبح بوضع ريوستات (مقاومة متغيرة) (٣) على التوالي بملفات عضو الإنتاج

لتخفيض شدة تيار بدء التشغيل . ولا ينصح باستخدام هذه المقاومة لتخفيض سرعة دوران المحرك وذلك لزيادة القدرة المبددة على هيئة حرارة في هذا الريوستات .

ولتغيير سرعة دوران المحرك يوصل على التوالي بملفات المجال ريوستات (٤) يمكن بواسطته التحكم في سرعة المحرك و حدود ٢٥٪ من السرعة المقنة أما تغيير اتجاه دوران المحرك فيتم بتغيير طريقة توصيل نهايات المحرك بالمنبع .

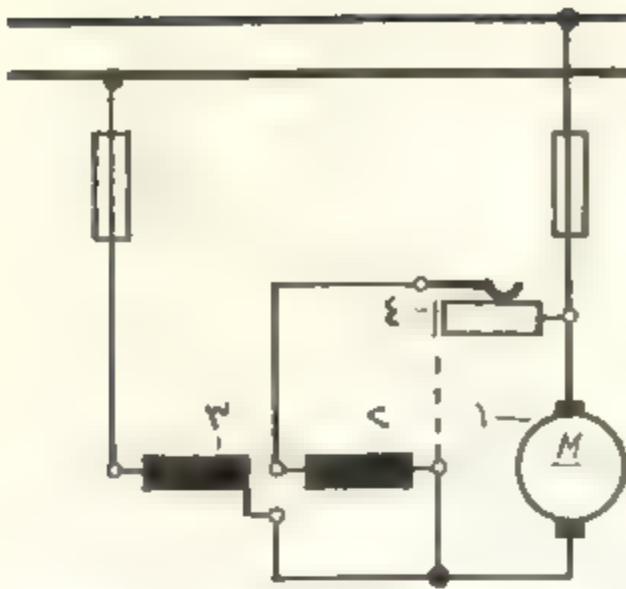
(٥٩) محركات التيار المستمر بلف مركب :

في هذه المحركات تقسم ملفات المجال إلى قسمين أحدهما يوصل على التوازي بملفات العضو الدوار ، أما القسم الآخر فيوصل على التوالي بملفات العضو الدوار كما هو مبين بالشكل (١٧٤)



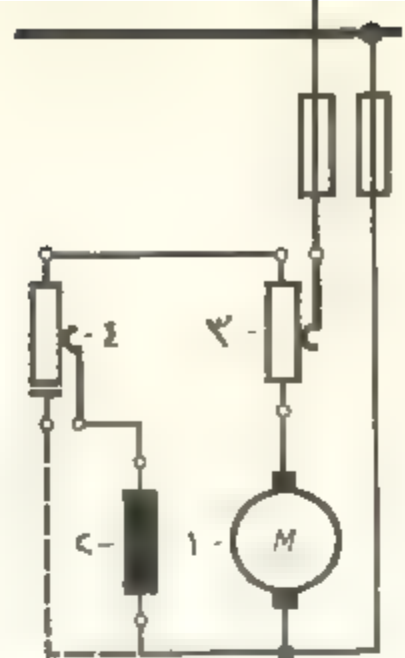
الشكل (١٧٢) احتمالات توصيل محرك ثلاثي الأطوار لا تزامني

- ١ - كيفية ترتيب نهايات الملفات .
- ٢ - توصيل نجمي .
- ٣ - توصيل دلتا .
- ٤ - عكس اتجاه دوران المحرك بإبدال التوصيل .



الشكل (١٧٤) رسم تخطيطي لدائرة محرك تيار مستمر بلف مركب .

- ١ - العضو الدوار
- ٢ - الملفات الموصلة على التوازي .
- ٣ - الملفات الموصلة على التوالي .
- ٤ - ريوستات المجال لتنظيم السرعة .



الشكل (١٧٣) رسم تخطيطي لدائرة محرك تيار مستمر بلف على التوازي .

- ١ - العضو الدوار
- ٢ - ملفات المجال
- ٣ - مبدئ التشغيل
- ٤ - ريوستات المجال

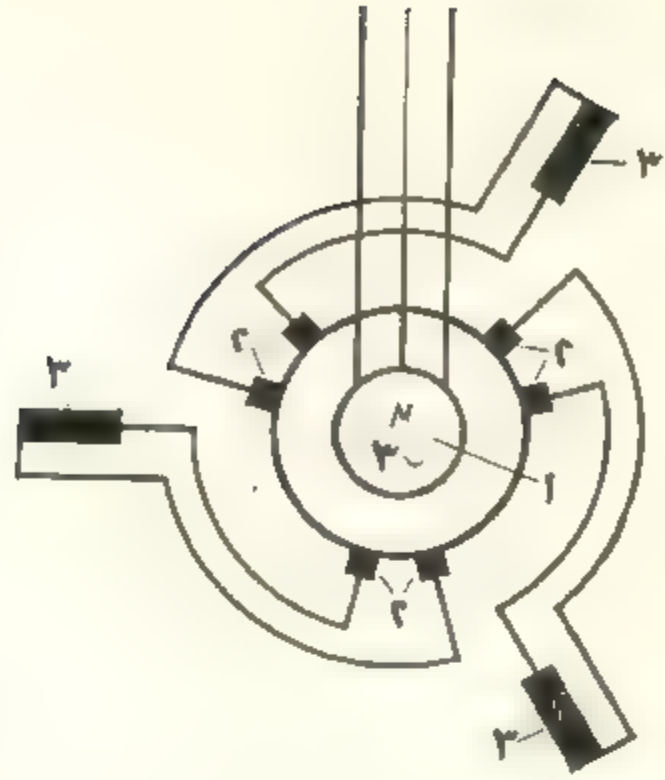
ويتميز المحرك ذو اللف المركب بأنه يدور بسرعة ثابتة عند التشغيل بدون حمل فقط ، أي أن خواصه في هذه الحالة تكون مشابهة تماما للمحرك بلف على التوازي ، أما عند تحميله فإن سرعته تنخفض وتستمر في الانخفاض كلما زاد التحميل وتستخدم مثل هذه المحركات في المصاعد وآلات الإنتاج والآلات المزودة بأثقال حذفة ، مثل المكابس والمثاقب والمقصات .

(٦٠) محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوازي :

من مميزات هذه المحركات إمكانية تغيير سرعتها بدقة متناهية داخل حدود مجال واسع . وتتميز هذه المحركات بثبات سرعة دورانها عند الأحمال المتغيرة . وتوجد مجموعتان من المحركات بلف متواز :

محركات تغذى بالتيار المتردد عن طريق العضو الدوار ، ومحركات تغذى بالتيار المتردد عن طريق العضو الساكن .

وتعتبر المحركات من النوع الأول أكثر المحركات استخداما . ويبين شكل (١٧٥) رسم تخطيطي لدائرة توصيل محرك بلف متواز ، تجرى تغذيته عن طريق العضو الدوار . ولا يتضمن الرسم التخطيطي ملفات العضو الساكن .



الشكل (١٧٥) رسم تحيطلي لمحرك ثلاث
الأطوار بلف على التوازي وبعض
دوار مغذى بالكهرباء .
١ - ملفات العضو الدوار .
٢ - مجموعة المبدل .
٣ - ملفات المبدل .

ويوجد هذه المحركات ثلاثة أنواع من الملفات :

الملفات الأولى خاصة بالعضو الدوار ، والثانية خاصة بالعضو الساكن ، والثالثة خاصة
بالفرش الموجودة عن المبدل ويطبق عليها سم « ملفات المبدل » .

ويغذى العضو الدوار من الشبكة . وعندما يدور العضو الدوار يتولد بالحث في ملفات
العضو الساكن جهد تتغير قيمته بتغير سرعة العضو الدوار ، كما يتولد أيضا جهد آخر بالحث
في ملفات المبدل ، هذا الجهد الأخير يؤثر تأثيرا عكسيا على الجهد المتولد في ملفات العضو الساكن .
ومن الممكن تغيير قيمة الجهد المتولد بالحث في ملفات المبدل ، بتغيير نظم وضع الفرش بالمبدل
(عضو التوحيد) وذلك باستخدام وسيلة ميكانيكية تعمل بطريقة يدوية لتحريك الفرش على
المبدل للتحكم في الجهد المتولد بالحث في العضو الساكن . ويتم تغيير سرعة المحرك بتغيير وضع
الفرش بالنسبة لبعضها البعض في كل طور من الأطوار بالکیفیه التالية :

في حالة تقريب الفرش بحيث يقع كل زوج من الفرش على شدة واحدة من شدات (خوص) ،
المبدل ، أي عند عمل قصر دائرة الملفات المبدل المحصورة بين كل زوج من الفرش ، فإن المحرك
يدور تماما كمحرك لا التزامني (وتفيد هذه الحالة عند بدء التشغيل) .

أما إذا حركت الفرش بحيث تكون بين الفرشة والأخرى (لكل زوج من الفرش) شدة
(أو خوصة) واحدة ، بدون عكس توصيل ملفات المبدل ، فإن سرعة دوران المحرك تقل
عن سرعة التزامن وبظل المحرك لا تزامنيا .

أما إذا حركت الفرش بحيث يكون بين كل فرشاة والأخرى شدة (أو حوصة) وحدة ، ولكن بكيفية مختلفة عن الطريقة السابقة ، بحيث تمكس طريقة توصيل ملفات المدل ، فإن سرعة دوران المحرك تزيد على سرعة التزامن .

ومن مميزات هذه المحركات ، إمكان تغيير سرعتها تدريجيا دون أن يحدث بها أى فقد فى القدرة . وتستخدم هذه المحركات فى إدارة آلات العمل ومكبس الطاعة الدوارة وآلات صناعة الورق .

(٩١) محركات التزامنية وحيدة الطور :

يوجد أنواع مختلفة من المحركات وحيدة الطور بسرعة ثابتة أهمها

(أ) محركات وحيدة الطور بدون وسيلة بدء حركة .

(ب) محركات وحيدة الطور بمكثف .

(ج) محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور .

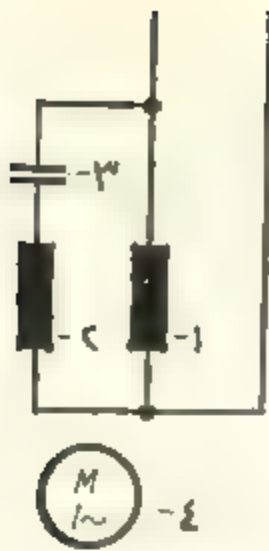
(أ) محركات وحيدة الطور بدون وسيلة بدء حركة :

هذه المحركات لا تستخدم حاليا . وتتكون من عَصُو دَوَّار على هيئة قفص سنجابى ، تغذى بملعاته بتيار متردد فيتولد بها مجال دوار . وهذا المجال غير كاف لإنتاج عزم الدوران المطلوب عند بدء التشغيل . لذلك يعصل إدارة المحرك يدويا عند بدء التشغيل ويحدد اتجاه بدء التشغيل اتجاه دوران المحرك بعد ذلك .

ويبين شكل (١٧٦) رسما تخطيطيا لدائرة توصيل هذه المحركات ، وهي تستخدم فى تشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية (مثل المصلات والثلاجات) بقدرة ممتدة صغيرة تسمح بتوصيلها توصيلا مباشرا بالمنبع .

(ب) محركات وحيدة الطور بمكثف :

هذا المحرك يشبه فى كثير من النواحي ، المحرك وحيد الطور بدون وسيلة بدء حركة . إلا أنه مزود بوسيلة لبدء تشغيله أوتوماتيكى (تلقائيا) دون حاجة إلى تحريكه يدويا . كما أن له اتجاه دوران محدد لا يعتمد على اتجاه بدء الحركة . وهذا المحرك يطلق عليه أيضا اسم محرك بطور مشطور . ويرجع ذلك إلى أن ملعاته مقسمة إلى قسمين يطلق على أحدهما اسم الملفات الرئيسية ويطلق على الأخرى اسم الملفات المساعدة . ويوصل على التوالي بالملفات المساعدة مكثف للحصول فى هذه الملفات على تيار مراح ، يتقدم التيار الدار فى الملفات الرئيسية بحوالى ٩٠° . وهذه الكيفية يتكون بالمحرك مجالان مغنطيسيان بينهما زاوية ، يؤدى التفاعل بينهما إلى بدء تشغيل المحرك تلقائيا . ويبين شكل (١٧٧) رسما تخطيطيا لدائرة هذا المحرك .



الشكل (١٧٧) رسم تخطيطي لمحرك وحيد الطور
بمكثف لبدء التشغيل .

الشكل (١٧٦) رسم تخطيطي لمحرك وحيد الطور
لهيس به وسيلة بدء تشغيل .

- ١ - الملفات الرئيسية
- ٢ - الملفات الموصلة على التوازي
- ٣ - المكثف
- ٤ - العضو الدوار .

ويوجد نوعان من المحركات وحيدة الطور بمكثف .

النوع الأول ، فيه تزود الملفات المساعدة بمفتاح (يعمل يدويا أو بالطرد المركزي) ، لفصل الملفات المساعدة والمكثف من الدائرة عندما يصل المحرك إلى السرعة المقننة ، وفي هذه الحالة تصمم الملفات المساعدة والمكثف لتعمل لفترة قصيرة فقط (فترة بدء التشغيل) .
النوع الثاني ، فيه تظل الملفات المساعدة والمكثف موصلة بالدائرة حتى بعد وصول المحرك إلى السرعة المقننة . وتصمم الملفات المساعدة والمكثف في هذه الحالة الأخيرة لتعمل طوال فترة تشغيل المحرك .

(ج) محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور :

تستخدم المحركات الثلاثية الأطوار بقفص سنجانى والتي لا تتعدى قدرتها المقننة ٣ كيلوات لتعمل كمحركات وحيدة الطور ، وبسرعة ثابتة . ويميب هذه المحركات أن قدرة خرجها لا تتعدى ٨٠٪ فقط من قدرتها المقننة . وتستخدم المكثفات أيضا في هذا النوع من المحركات لبدء التشغيل ويتم تحديد قيمة المكثف تبعا لقيمة الجهد المستخدم عليه المحرك . وتقدر قيمة المكثف في حالة محرك يعمل على جهد ٢٢٠ فلت ببحوالى ٧٠ ميكروفاراد .

ويبين شكل (١٧٨) رسما تخطيطيا للدوائر محركات ثلاثية الأطوار تعمل كمحركات وحيدة الطور بسرعة ثابتة .



الشكل (١٧٨) كيفية توصيل المحركات الثلاثية الأطوار لتعمل كمحركات وحيدة الطور بمكثف
١ - محرك ثلاثي الأطوار بتوصيلة النجمة .
٢ - محرك ثلاثي الأطوار بتوصيلة الدلتا .

(٦٢) المحركات التزامنية :

لا يختلف تصميم محركات التزامنية عن تصميم المولدات التزامنية التي سبق شرحها . غير أنه من النادر استخدام المولدات التزامنية ذات المقننات الكبيرة لتشغيلها كمحركات للأسباب الآتية :

(أ) أن هذه المحركات تحتاج إلى مصدر دائم للتيار المستمر لتغذية ملفات الإثارة لمضغيطات المجال . لذلك يقرن مع عمود إدارة المولدات التزامنية ، مولد صغير لتغذية ملفات الإثارة بالتيار المستمر .

(ب) صعوبة بدء تشغيل هذه المحركات لذلك تزود المحركات التزامنية الحديثة بعضو دوار آخر على هيئة قفص سنجاب بالإضافة إلى العضو الدوار الرئيسي . ويستخدم العضو الدوار على هيئة قفص السنجاب في عملية بدء التشغيل للمحرك التزامني . وفي بعض الأحيان يقرن المحرك التزامني بمحرك لا تزامني يستخدم في عملية بدء الحركة ، ويتم فصله عند وصول المحرك التزامني إلى السرعة المقننة .

وتتميز المحركات التزامنية بثبات سرعتها ودقتها . حيث أنها تساوي سرعة المجال للدوار . إلا أنه يعيب هذه المحركات انخفاض سرعتها عند تعرضها للتحميل الزائد ، فتخرج عن سرعة التزامن ، مما يؤدي إلى توقفها تماما . كما أن زيادة التحميل تؤدي إلى زيادة التيار في هذه المحركات بدرجة كبيرة جدا مما يؤدي إلى تلفها .

ثانيا - محركات بسرعة محكومة بالحمل :

تسمى المحركات التي تعتمد سرعتها على مقدار الحمل محركات بسرعة محكومة بالحمل . وفيما يلي شرح مبسط لأهم أنواع هذه المحركات .

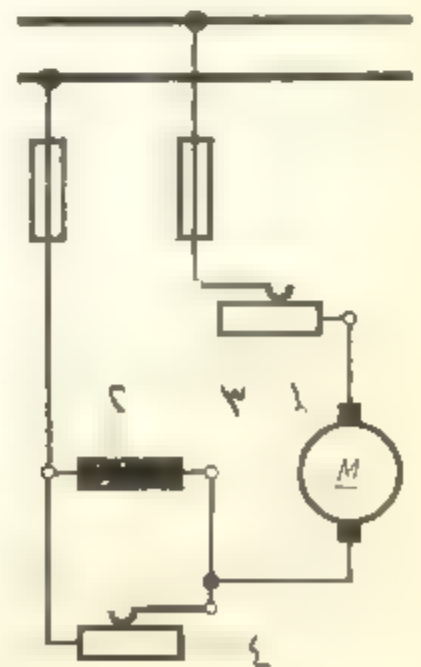
(٦٣) محركات التيار المستمر بلف على التوالي :

في هذه المحركات توصل ملفات المجال على التوالي بملفات عضو الإنتاج . وتتميز هذه المحركات بأن سرعتها وعزم دورانها يتغيران بطريقة معينة ، بحيث يتناسبان مع الحمل الذي

تقوم به هذه المحركات . ومن أهم ميزات المحركات بلف على التوالي أنه كلما زادت شدة التيار المار في ملفات العضو الدوار تزيد أيضا شدة التيار في ملفات الإثارة ، حيث أنها متصلة على التوالي بملفات العضو الدوار .

وتمتاز هذه المحركات بإمكان قيامها بالحمل عند بدء التشغيل . ويجب أن يراعى عند تشغيل هذه المحركات ألا يرفع عنها الحمل فجأة أو أن تعمل بدون حمل ، وإلا أدى ذلك إلى زيادة كبيرة في عزم الدوران ، وخاصة في السرعات العالية ، مما يترتب عليه تخطيم المحرك .

ولتلاقي تخطيم المحركات الصغيرة ذات القدرة الكسرية (أقل من حصان واحد) من هذا النوع ، تستخدم عادة رياش مروحة تبريد المحرك المركبة على عمود إدارته ، كعمل دائم لحمايته من زيادة السرعة عند بدء التشغيل أو عند رفع الحمل الأساسي من عليه . ومن أمثلة المحركات لصغيرة التي تستخدم فيها وسائل الحماية هذه محركات تجفيف الشعر ، والمراوح لصغيرة والمكنس الكهربائية . لذلك يراعى عند تصميم مراوح تبريد هذه المحركات أن يكون تغير مقدار مقاومة الهواء لريش هذه المراوح مناسب ، بحيث تمنع أى زيادة غير عادية في سرعة المحرك . وبين شكل (١٧٩) رسما تخطيطيا لدائرة محرك من هذا النوع . وتصلح المحركات الكبيرة من هذا النوع للتشغيل الثقيل ، مثل الجر الكهربائي (السكك الحديدية الكهربائية) ، والآلات المستخدمة في مصانع إنتاج المعادن (مكبات الدرفلة) . وتصمم هذه المحركات أيضا في بعض الأحيان بقدرة خرج صغيرة لتعمل على التيار المتردد والتيار المستمر في نفس الوقت .



الشكل (١٧٩) رسم تخطيطي لمحرك تيار مستمر بلف على التوالي :

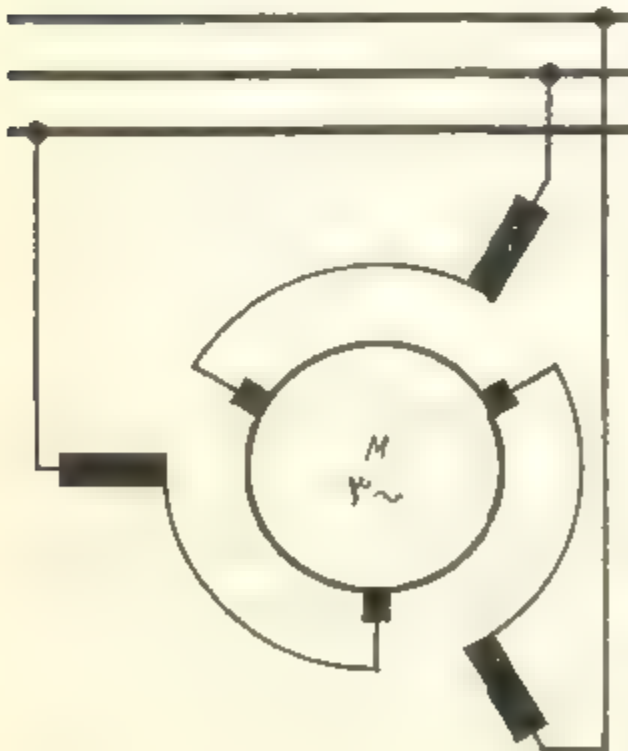
- | | |
|------------------|--------------------|
| ١ - العضو الدوار | ٣ - مبدئ التشغيل |
| ٢ - ملفات المجال | ٤ - ريوستات المجال |

(٦٤) محركات ثلاثية الأطوار بلف على التوالي :

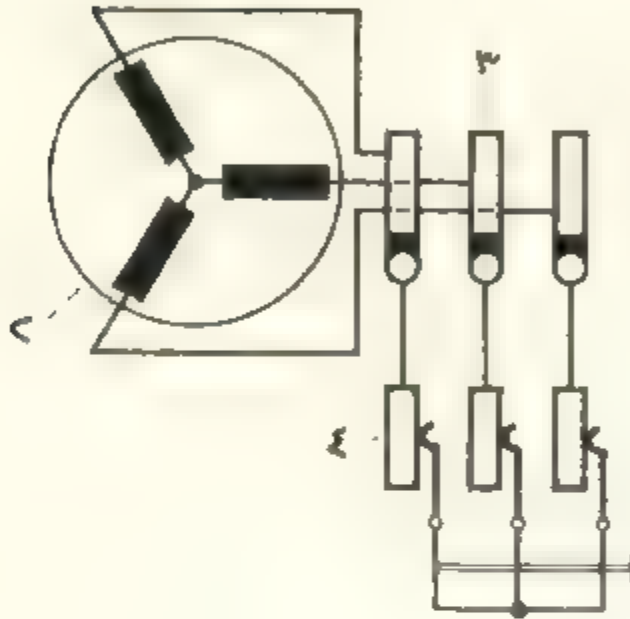
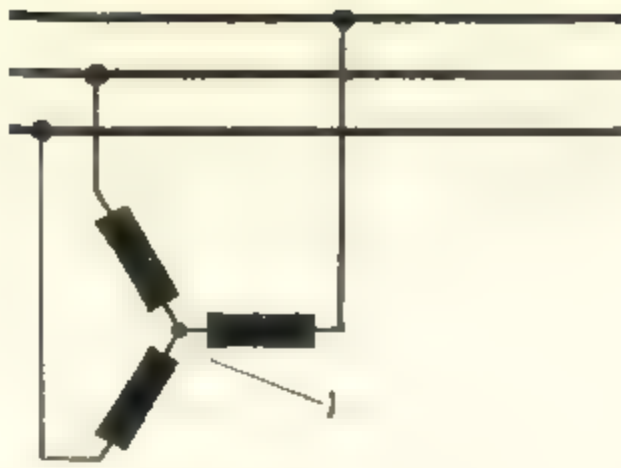
هذا المحرك به نفس مزايا محرك التيار المستمر بلف على التوالي ، كما أنه ممتاز بإمكان قيامه ببدء الحركة ذاتي بإزاحة الفرش ، وبذلك يمكن تجنب وجود أى فقد عند بدء الحركة .
ويبين شكل (١٨٠) رسماً تخطيطياً لدائرة إحدى هذه المحركات ويعيب مثل هذه المحركات انخفاض قدرتها المقتنة .

(٦٥) محركات ثلاثية لأطوار بحلقات انزلاق :

تتميز هذه المحركات بعزم بدء تشغيل عال ، وبأن بدء حركتها يتم بطريقة سهلة وتدرجية كما يمكن تنظيم وضبط سرعة هذه المحركات حتى تصل إلى السرعة الانتزامية المقتنة . وفي هذه المحركات يكون لكل من العضو الساكن والمعضو الدوار ملفات خاصة به ، وترتب هذه الملفات بحيث يمكن توصيلها بطريقة التوصيل النجمي ، على أن توصل نهايت الملفات المتصلة بحلقات الإنزلاق المركبة على عمود إدارة المحرك بمقاومات لمحد من تيار بدء التشغيل . ويستخدم في هذه المحركات عادة وسيلة تقوم بقصر دائرة ملفات المعصو الدوار ، وتصل الفرش بمجرد وصول المحرك إلى السرعة المقتنة . وبهذه الكيفية تعمل هذه المحركات بعد بدء الحركة كما لو كانت محركات ثلاثية الأطوار بمعصو دوار على هيئة قصر سنجاب . ويعمل عدة توصيل وسيلة بدء الحركة (المقاومات) بملفات المحرك ، على أن تفصل من الدائرة بمجرد وصول المعصو الدوار إلى السرعة المقتنة .



الشكل (١٨٠) رسم تخطيطي لدائرة محرك ثلاثي الأطوار بلف على التوالي .



الشكل (١٨١) رسم تخطيطي لدائرة محرك
حتى ثلاثي الأطوار بحلقة انزلاق
١ - العضو الساكن
٢ - العضو الدوار
٣ - حلقات الانزلاق
٤ - مبدئ التشغيل (مقاومة متغيرة)

ويبين شكل (١٨١) رسماً تخطيطياً لدائرة محرك من هذا النوع . ويستعمل هذا النوع من المحركات بصفة خاصة ، عندما يتطلب التشغيل القيام بالحمل مباشرة عند بدء الحركة مع إمكان الوصول إلى سرعة الدوران المطلوبة بطريقة تدريجية . ولذلك فهي ملائمة للتشغيل في الأوناش وما شابه ذلك .

(٦٦) محركات تنافرية وحيدة الطور :

تزود هذه المحركات بمضو دوار به ملفات ومبدل (عضو توحيد) . ولهذه المحركات نفس مميزات الأداء التي تتميز بها المحركات بلف على التوالي ، وهي سهولة بدء الحركة بالحمل مع إمكان الوصول إلى السرعة المطلوبة تدريجياً .

ويفضل وضع الفرش على المدل في وضع معين ليبدأ المحرك في الدوران بأقل قدرة دخل ممكنة . وعند وصول سرعة المحرك إلى السرعة المقننة ، تقوم وسيلة تعمل بالقوة المركزية الطاردة ،

بفصل الفرش وقصر دائرة ملعات المصو الدوار ، وعندئذ يعمل المحرك التنازلى كما لو كان محركاً حثياً بعضو دوار على هيئة قفص سنحباب بسرعة ثابتة ويتم تغيير سرعة المحرك بعد ذلك بتغيير وضع الفرش على شدقات المدل . ويبين شكل (١٨٢) رسماً تخطيطياً بالدائرة محرك من هذا النوع .

ويصلح هذا المحرك لتشغيل المكابس ، وكباسات الهواء وأجهزة التكييف التى تحتاج إلى عزم بدء تشغيل عال .

المغناطيسات الكهربائية

(٩٧) المغناطيسات الرافعة :

تستخدم المغناطيسات الكهربائية الرافعة فى تحميل المواد الحديدية وفى نقلها لمسافات قصيرة . ويبين شكل (١٨٣) مدى قدرة المغناطيس الكهربائى ليقوم برفع مثل هذا الحمل .

(٩٨) المغناطيسات الكهربائية المستخدمة فى تثبيت المشغولات :

يجب تثبيت المشغولات على آلات الإنتاج فى مكاتب تمام وبطريقة تضمن بقاءها فى موضعها أثناء إجراء عمليات التشغيل المختلفة . ولحمض المشغولات شكل غير مستظم بحيث يتعذر تثبيتها فى موضعها بالطرق التقليدية . فإذا طلب تجليخ أو كشط قطعة مشورية مثلاً بدقة عالية . فإنه نحصل على أحسن النتائج باستخدام المغناطيسات الكهربائية فى مسك وتثبيت هذه القطعة . لذلك تزود معظم آلات التشغيل الحديدية بمغناطيسات كهربائية كتلك المينة باشكر (١٨٤) بدلا من وسائل المسك، أو التثبيت المألوفة .



الشكل (١٨٢) رسم تخطيطى لدائرة محرك تنازلى .

الشكل (١٨٣) مغنطيس رافع



الشكل (١٨٤) مغنطيس كهربائي يستخدم
لتثبيت المشغولات على سطح ما كينة تجليخ

الباب السابع

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية

يطلق في كثير من الأحيان على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية اسم التحويل الكهر كيميائي أو التحليل الإلكترو لى .

ويستخدم التحليل لإلكترو لى في أغراض شتى في الصناعة منها :

١ - إنتاج المعاد بالترسيب الكهربي .

٢ - جلفنة المعادن .

٣ - جلفنة اللدائن ، أو جلفنة البلاستيك .

(٦٩) إنتاج المعادن بالترسيب الكهربي :

يستخدم التحليل الكهربي في الصناعة للحصول على المعادن النقية مثل النحاس والألومنيوم .
إنح . فيستخرج الألومنيوم النقي بالتحليل الكهربي للمخلوط المكون من أكسيد الألومنيوم المذاب في مصهور رخام الكريوليت . كما يتم إنتاج الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) بتحليل محلول ملح الطعام كهربائيا . ولن تناول هذا المجال بالتفصيل ، وإنما نكتفي ببعض الأمثلة التي يستخدم فيها الترسيب الكهربي لإنتاج المعادن النقية .

(٧٠) جلفنة المعادن :

يستخدم الترسيب الكهربي في طلاء أسطح المعادن القابلة للصدأ بتغطيتها بطبقة رقيقة واقية من معدن آخر غير قابل للصدأ ، مثل الكروم أو الفضة أو النيكل أو النحاس ، أو أى معدن من المعادن النفيسة ، كما يفيد أيضا في إعطاء سطح المعادن بريقا لامعا .

الخطوات المتبعة في عملية جلفنة المعادن :

ينظف سطح المعدن المراد طلاؤه تنظيفا جيدا بمعاملة سطحه لإزالة الصدأ أو الدهون التي قد تكون عاقبة له . ثم يوضع هذا المعدن في الإلكترو لى ويستخدم كهبط (كاثود) ، بينما يستخدم المعدن النفيس (النيكل مثلا) كمصعد (أنود) وبذلك تخرج أيونات المعدن النفيس من المصعد وترسب على سطح المعدن الحارى طلاؤه . وتصنع أحواض الترسيب عادة من ألواح الصلب المطلية بمواد عازلة مثل الفخار اللامع ، أو من الحديد المطل بالطلاء من الصيني ، أو من

الواح من الزجاج. ويحتوى الإلكتروليت عادة على ملح من الأملاح المعدنية البسيطة الخاصة بالمعدن لتعيس مثل أملاح الكلوريدات ، أو أملاح الكبريتات أو من ملح من أملاح السيانيد المزدوجة كألاح النحاس المزدوجة ، أو أملاح الفضة المزدوجة ، إلخ

وتجرى تغذية التيار المستمر المستخدم فى عملية الترسيب الكهربائى بإحدى الطرق الآتية :

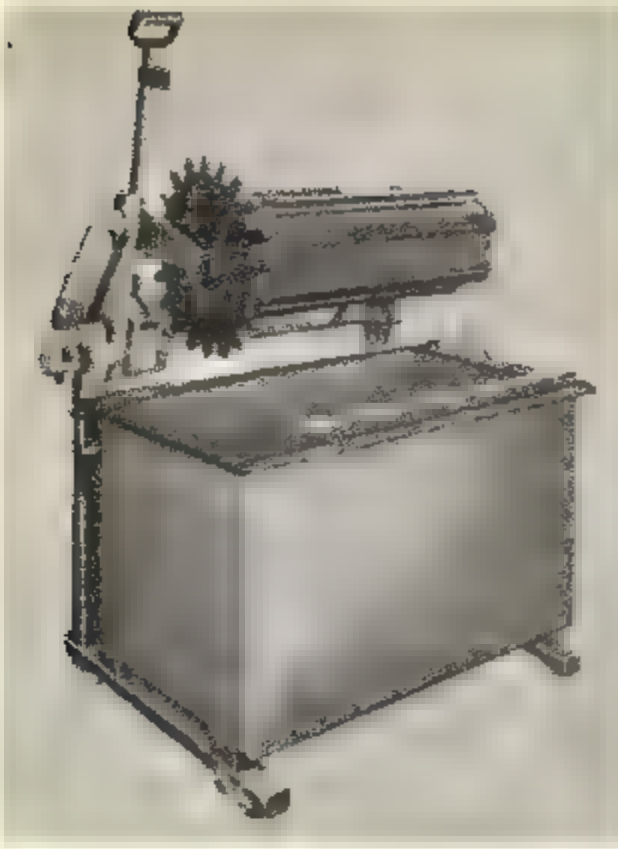
١ - بواسطة مجموعة محرك مولد مركبة على قاعدة مشتركة . وهى يعنى المحرك اللاترمى بنظام تيار متردد ثلاثى الأطوار ، يدفع المولد لينتج التيار المستمر اللازم لهذه العملية ويتراوح جهد التيار المستمر المستخدم فى مثل هذه النظم بين ٤ فلت ، ٤٠ فلت حسب الحاجة . أما القدرة المقسة المستخدمة فى عمليات الترسيب فتتراوح بين ١٨٠٠,٥ كيلووات أى أن التيار المقنن المستخدم فى عمليات الترسيب عند جهد ٦ فلت يتراوح بين ١٠٠ ، ٣٠٠٠ أمبير .

٢ - بواسطة مقومات شبه موصلة بتبريد الهواء أو الزيت . ويتم توصيل مجموعات منها على التوازي وعلى التوازي للحصول على الجهد والتيار اللازمين . والجهود المقسة المستخدمة عادة فى مثل هذه النظم هى ٨ فلت ، ١٦ فلت ، ٢٥ فلت وتتروح شدة التيارات المستمرة المستخدمة لهذا الغرض بين ١٥٠ ، ٥٠٠٠ أمبير .

وتحتوى المعدات الكهربائية المستخدمة فى عملية الترسيب على أجهزة قياس ، وأجهزة تحكم ، ومعدات للوصل والقطع ، ومعدات لعكس اتجاه التيار (عكس القطبية) . ويفضل فى كثير من الأحيان ، من الناحية الاقتصادية ، عدم تغطية سطح المعدن المراد طلاؤها بطبقة الواقية النهائية مباشرة ، فقد أتضح مثلاً من الناحية العملية أن طبقة الكروم المستخدمة فى طلاء الحديد تصبح أكثر ثباتاً إذ طليت الأجزاء الحديدية أولاً بطبقة من النيكل أو من النحاس بالوسائل الكهروكيميائية قبل طلاؤها بالكروم .

وقد أدى إدخال النظم الأتوماتيكية فى عمليات الخلقة إلى استحداث أجهزة ومعدات ذات كفاءة عالية لمعاملة السطوح ، وطلاء المعادن بطرق اقتصادية ، وتستخدم فى هذه المعدات أحدث الطرق الكهروكيميائية التى تضمن طلاء جميع الأجزاء المعدنية بطبقة متجانسة وبالسبك المطلوب تماماً .

وتصنع أحواض الطلاء بأشكال مختلفة ، فهناك أحواض على هيئة متوازي مستطيلات تستخدم فى طلاء الأجزاء الكبيرة ، كما توجد أحواض صغيرة على شكل برميل كما هو مبين بشكل (١٨٥) أو على شكل ناقوس يوضع فيها الإلكتروليت ، وتستخدم هذه البراميل لطلاء الأجزاء الصغيرة . وتدار هذه الأحواض لكى تحرك الأجزاء المعدنية المراد طلاؤها بصفة مستمرة . فتضمن بذلك تغطيتها بطبقة متجانسة من النيكل أو الكروم أو الفضة ، إلخ . كما توجد أنواع مختلفة من المعدات التى تجرى فيها جميع خطوات عملية الخلقة أوتوماتيكياً ، ابتداء من تحميل المشغولات إلى غسلها وجلفنتها ونجفيفها ثم نقلها وتخزينها .



الشكل (١٨٥) برميل مستخدم في
حماية الطلاء بالكهرباء للأجزاء الصغيرة

(٧١) جلفنة الدائن (البلاستيك المجلفنة) :

تستخدم عملية جلفنة الدائن في الحصول على نموذج معدني له سمك معقول وله شكل مطابق تماما للشكل المحفور على قطعة من مادة غير موصلة ، من البلاستيك مثلاً .
ويستخدم هذا النموذج المعدني في إعادة طبع هذا الشكل على الورق أو على رقائق الألومنيوم أو البلاستيك عددا هائلا من المرات ، دون أن يؤدي ذلك إلى تلف النموذج أو تشويهه . وهذه الطريقة من أحدث الطرق المستخدمة في طباعة الأشكال والصور في المجلات والكتب وغير ذلك كما تستخدم عملية جلفنة الدائن في إنتاج الاسطوانات المسجلة .

الخطوات المتبعة في جلفنة الدائن :

- ١ - عمل القالب أو النموذج الأساسي ، ويمثل أولى خطوات عملية جلفنة الدائن ، وكان الشمع يستخدم فيما مضى لعمل القالب ، وذلك ينقش نموذج للصورة المراد طباعها عليه أو بحفر الشكل به . وتستخدم حاليا ألواح البلاستيك لعمل النموذج الأساسي بدلا من الشمع .
- ٢ - عمل طبقة أولية رقيقة من مادة موصلة تأخذ نفس الشكل المحفور بالقالب . وتتميز هذه الطبقة بإمكان ترميب المعدن عليها ، للحصول على نموذج معدني له سمك معقول وله نفس شكل القالب . على أن تتميز أيضا بسهولة نزعها من النموذج الأصلي ويمكن عمل هذه الطبقة

الموصلة الرقيقة في حالة القوالب الشمع يرش النموذج بالجرافيت أما في حالة القوالب البلاستيك فينظف سطح النموذج المحفور ويرش بمسحوق الفضة (الطريقة الجافة) ، أو يعمر في محاليل انفضة (الطريقة المغمورة) فتتكون على سطح النموذج طبقة موصلة يسهل نزعها بعد ذلك كما هو مبين بالشكل (١٨٦) .

٣ - يوضع اللوح البلاستيك المغطى بالفضة (أو الشمع المغطى بالجرافيت) في الحوض الإلكتروني ويوصل بالمهبط ، فيترسب عليه اليكل حتى تتكون طبقة ذات سمك معقول ولها نفس الشكل المراد طبعة .

٤ - يرفع اللوح البلاستيك بعد ثلاثه من هذا الحوض وينظف بمحضر انكريتيك المخفف ويغمر في محلول إلكتروليتي آخر مكون من كبريتات النحاس وحمض انكريتيك يترسب عليه طبقة صلدة أخرى من النحاس . كما يمكن بعد ذلك ترسيب طبقة أخرى من الكروم عليه لتزيد من صلابته . ويتوقف سمك النموذج المعدني وصلادة سطحه على عدد النسخ المطلوب طبعا ، فكلما قل عدد النسخ ، يقل الإهتمام بسمك و سطح النموذج ، ولعكس صحيح .

٥ - ينزع هذا النموذج المعدن بعد ذلك من ألواح البلاستيك ، ويستخدم في عمليات الطباعة على اوراق أو البلاستيك أو رقائو الألومنيوم ، وبذلك نحصل على صورة طبق الأصل للنموذج المراد طبعة بكل دقائقه وتفصيله .



الشكل (١٨٦) عملية تصنيع نماذج القوالب بالطرق الكهر كيميائية .

ولا تخلو أى مطبعة حديثة من قسم حاصر الحلقة اللدائن . وتنتج الأسطوانات المسجلة بواسطة
جلمنة للدائن . فيشكر النموذج لأصل للأسطوانة على لوح من البلاستيك الذى يطل بعد ذلك
بالقصة . ويوضع اللوح بعد ذلك فى المحلول الإلكترولى حيث يوصل بالمهبط لترسب عليه
طبقة من النحاس أو من السكر والنحاس . ويرع النموذج المعد بعد ذلك من اللوح البلاستيك ،
ويستخدم كنموذج لطبع هذه الأسطوانة المسجلة ، على رقائذ من البلاستيك ، فنحصل بذلك على
عدد غير محدود من الأسطوانات المسجلة .

ويتم طبع الأسطوانات بوضع رقائذ البلاستيك (الأسطوانات المطلوبة) بين فكي النموذج
المعدى الذى تم تشكيله ثم يضغط عليه بواسطة مكبس . ويجب تسخين المجموعة أثناء تسليط
الضغط لدرجة حرارة أقل قليلا من درجة انصهار البلاستيك حتى يتم حفر الشكل على الأسطوانات
بكل ما فى النموذج الأصل من تفاصيل . وقد أمكن باستخدام الطرق الأتوماتيكية الحديثة تخفيض
عدد الساعات اللازمة لإنتاج النموذج الأصل من ٩٠ ساعة لنموذج واحد إلى ٢٤ ساعة لإنتاج
١٦ نموذجا .

الباب الثامن

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية

(٧٢) عام :

يمكن تقسيم مصادر الإضاءة المستخدمة في الهندسة الصوتية إلى نوعين رئيسيين هما :

(أ) المشعات الساخنة ، مثل المصابيح المتوهجة :

وفيها يقوم التيار الكهربائي المار في المصابيح المتوهجة بتسخين الفتيلة ، فتخرج منها أشعة مرئية عندما تبلغ درجة حرارتها 2500°C

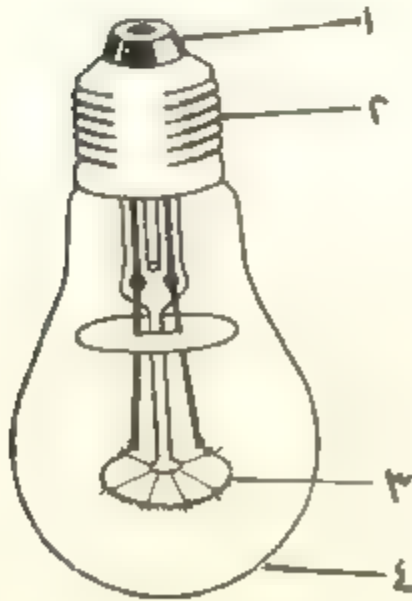
(ب) المشعات الباردة ، مثل مصابيح التفريغ المتألقة :

وفيها تم الإضاءة بواسطة الشحنات الكهربائية التي تتولد في الغاز أو في أخرى المعادن أو بواسطة إشعاع بعض المواد المضيئة .

(٧٣) المصابيح المتوهجة :

يبين الشكل (١٨٧) تصميمًا لمصابيح الاستخدام العام .

ويعتبر هذا النوع من المصابيح في الوقت الحاضر أكثر مصادر الضوء استخدامًا لإنارة الحجرات والأماكن العامة . وتصنع الفتايل المتوهجة في معظم الحالات من التنجستن . وتنقسم هذه الفتايل من ناحية الشكل إلى نوعين : أحدهما على شكل حلزون مفرد ، والآخر على شكل حلزون مزدوج . وتوضع الفتيلة داخل بصيلة (وعاء) زجاجية مفرغة من الهواء أو مملوءة بغاز خامل مثل غاز الأرجون أو غاز الكريبتون .



الشكل (١٨٧) التصميم الأساسي لمصابيح الاستخدام العام

١ - الملامس المركزي

٢ - قاعدة المصباح

٣ - الفتيلة المتوهجة

٤ - الوعاء الزجاجي (البصيلة) .

وتزود مصابيح الاستخدام العام التي لا تتعدى قدرتها ٢٠٠ وات بقاعدة لولبية عادية (بقطر ٤٠ مم) أو بقاعدة ذات مسار ، بينما تزود المصابيح التي تتعدى قدرتها ٣٠٠ وات بقاعدة لولبية كبيرة (بقطر ٤٧ مم) .

وتصمم مصابيح الاستخدام العام لتعمل على جهد ٢٢٠ فلت أو ١١٠ فلت . أما القدرة المقننة لمصابيح الاستخدام فهي ١٥ وات ، ٢٥ وات ، ٤٠ وات ، ٦٠ وات ، ٧٥ وات ، ١٠٠ وات ، ١٥٠ وات ، ٢٠٠ وات ، ٥٠٠ وات ، ١٠٠٠ وات ، ٢٠٠٠ وات .
ويختلف تصميم المصابيح المتوهجة وأشكالها باختلاف الغرض الذي صنعت من أجله .
وفيما يلي بعض أمثلة للمصابيح المتوهجة :

مصابيح الإضاءة الصغيرة :

مثل مصابيح التليفونات ، وإضاءة التداريج في الأجهزة ، والمصابيح المستخدمة في الدراجات والعربات ، إلخ .

مصابيح الإضاءة العالية :

مثل المصابيح المستخدمة في مقدمة السيارات ، وفي الكشافات ، وفي أجهزة السينما .

مصابيح الضوء القاهر :

مثل المصابيح المستخدمة في الكاميرات وأجهزة التصوير .

(٧٤) مصابيح التفريغ المتألقة :

توجد أنواع كثيرة من مصابيح التفريغ المتألقة، والتي يختلف تصميمها وشكلها وطريقة أدائها باختلاف الغرض الذي صنعت من أجله .

وتعتمد طريقة أداء هذه المصابيح والضوء الصادر منها على المتغيرات الآتية :

— الضغط الجوي الموجود داخل أنابيب المصابيح .

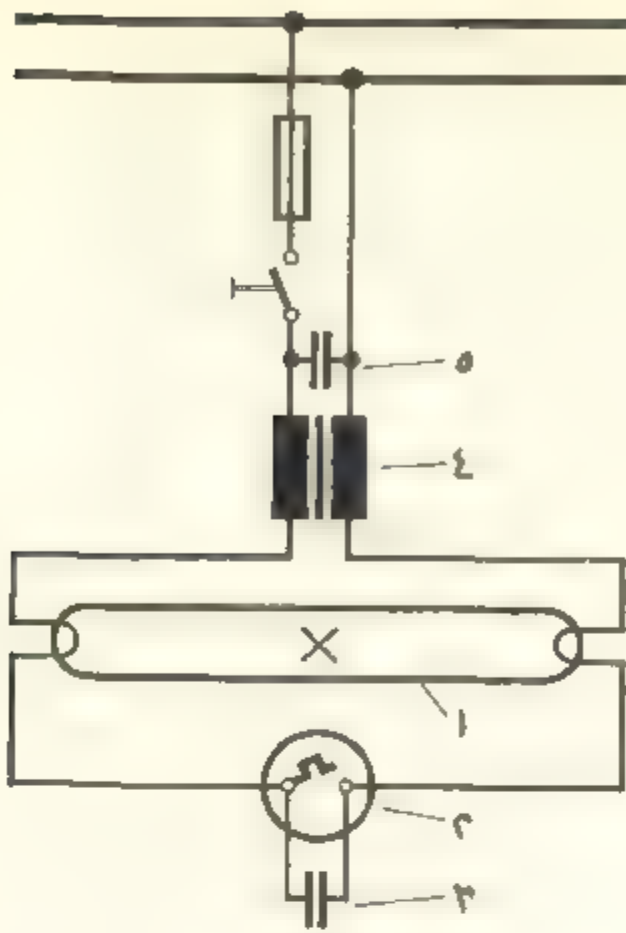
— الجهد الذي تعمل عليه هذه المصابيح .

— نوع الغازات أو الأبخرة الموجودة داخل الأنبوبة .

ومن أهم أنواع هذه المصابيح :

١ — المصابيح الفلورسنتية (بجهد منخفض وضغط جوى منخفض) :

يستخدم هذا النوع من المصابيح الفلورسنتية عادة على جهد ٢٢٠ فلت ، وقد أدخل الكثير من التحسينات على مميزات أداء هذه المصابيح ، بحيث شاع استخدامها في كثير من الأغراض التي تستعمل فيها المصابيح المتوهجة العادية .



الشكل (١٨٨) رسم لدائرة توصيل

المصباح الفلورسنت بجهد منخفض

١ - المصباح

٢ - مبدئ التشغيل

٣ - مكثف لمنع الشوشرة (عن أجهزة الراديو).

٤ - ملف كبح التيار .

٥ - مكثف التعويض

ويوضح الشكل (١٨٨) رسمًا تخطيطيًا لدائرة توصيل نوع من أنواع المصابيح الفلورسنتية

العادية مع بيان طريقة عمله .

الشكل والتصميم وطريقة عمل المصابيح الفلورسنتية :

يتوقف عمل المصابيح الفلورسنتية على حدوث تفريغ كهربائي في غاز أو بخار مخلخل موضوع في حيز مغلق تمامًا . وتصنع المصابيح الفلورسنتية من أنابيب زجاجية جدرانها الداخلية مغطاة بطلاء يتوهج بعمل الأشعة فوق البنفسجية (غير المرئية) والتي تتولد عند حدوث تفريغ كهربائي في البخار أو في الغازات الموجودة داخل الأنبوبة . وتزود الأنبوبة بمقطبين (الكترودين) ، ويتركب كل قطب من فتيل من التنجستن مثبت في إحدى هاتئ الأنبوبة . وعند مرور التيار الكهربائي بالفتيل يقوم بتسخين لوحات معدنية موضوعة أمامه فتنتقل منها الإلكترونات أو الشحنات الكهربائية السالبة وتندفع بسرعة داخل الأنبوبة بفعل المجال الكهربائي الموجود بين القطبين . ويؤدي ذلك إلى تأين الغاز أو البخار الموجود بداخلها ، و مرور تيار إلكتروني يسمى تيار التفريغ داخل الأنبوبة ، وعندئذ تزول الحاجة إلى تسخين الفتيل ، فيقطع التيار المار بهما بواسطة قاطع أوماتيكي ثنائي المعدن يطلق عليه اسم « وسيلة بدء التشغيل » و يوصل على التوالي بأقطاب

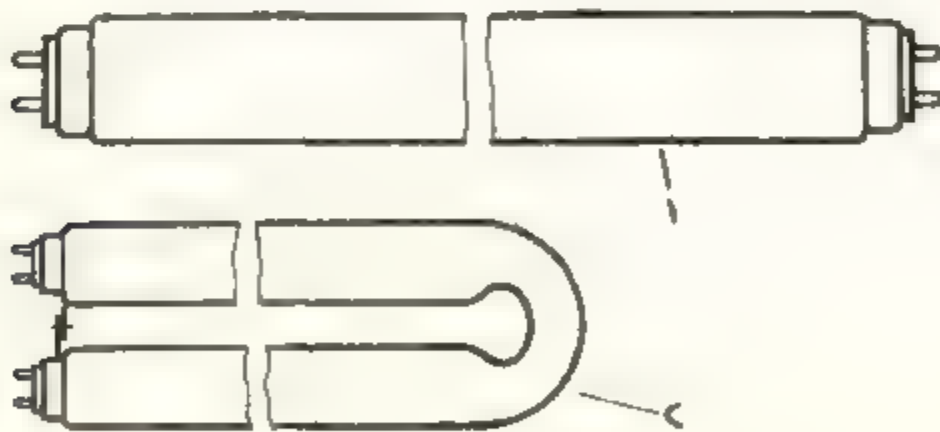
المصباح ملف خائق مكون من عدد كبير من اللغات قيمة حثها اذائق كبيرة جدا . و يفيد الملف الخائق في الفرصين الآتين .

(أ) عند انقطاع تيار التسخين فجأة بواسطة وسيلة بدء التشغيل يتولد بالملف الخائق حرارة ذات قيمة عالية تكفى لإشعال المصباح و حدوث التفريغ الكهربائى المطلوب .

(ب) عند حدوث التفريغ المطلوب يقوم الملف الخائق بكبح التيار نتيجة لزيادة الحث الدائى فيه (كلما زادت شدة التيار المار فيه) ، وبذلك يقلل من شدة تيار التفريغ كما أنه يعمل على تنظيمه والتحكم فيه . ولهذا السبب الأخير يطلق على الملف الخائق في بعض الأحيان اسم «وحدة كبح التيار» .

ويوضح شكل (١٨٩) بعض الأشكال التى تصنع على أساسها المصابيح الفلورسنتية ويبين الجدول التالى الأطوال النمطية للأنبوبة وقدرة دخل المصباح للفلورسنتى المقابلة لكل من هذه الأطوال .

أنابيب بشكل حرف (U)		أنابيب بشكل قضيب				قدرة الدخل بلوات
٤٠	٢٥	٦٥	٤٠	٢٥	٢٠	
٥٢٥	٤١٠	١٥٠٠	١٢٠٠	٩٧٠	٥٩٠	طول الأنبوبة بالمليمتر



الشكل (١٨٩) أشكال المصابيح الفلورسنت ذات الجهد المنخفض

١ - مصباح فلورسنت بشكل قضيب .

٢ - مصباح بشكل حرف U

مميزات المصابيح الفلورسنتية بجهد منخفض وضغط منخفض :

تتميز هذه المصابيح بكفاءة ضوئية عالية ، كما أن متوسط عمرها طويل ، وتبلغ كفاءة مصابيح التفريغ بصفة عامة ثلاثة أو أربعة أضعاف كفاءة المصابيح المتوهجة التي تحل محلها في الاستهلاك . ومتوسط عمر هذه المصابيح يتراوح بين ٥٠٠٠ و ٨٠٠٠ ساعة ، على أساس استمرار تشغيل المصباح أربع ساعات متواصلة في كل مرة يتم فيها تشغيل دائرته ، بينما لا يتعدى عمر المصباح المتوهج في المتوسط ١٠٠٠ ساعة تشغيل .

ومن مزايا هذه المصابيح أنها تعطى إضاءة تشبه ضوء النهار . كما يمكن صنع هذه المصابيح بحيث ينبعث منها الضوء بألوان مختلفة ، كالأبيض المتعدل والأبيض المصفر ، ولأبيض ضعيف النفاذية . وتستخدم بعض المصابيح الفلورسنتية التي ينبعث منها الأصواء انراهية مثل الأخضر أو الأحمر أو الأزرق لأغراض خاصة كالإعلان رازينة ، إلخ .

٢ - المصابيح الفلورسنتية بجهد عال وضغط عال جوى منخفض (مصابيح النيون) :

يطلق على المصابيح الفلورية ذات الضغط الجوى المنخفض والتي تعمل على جهد عال اسم « مصابيح النيون » . تستخدم مصابيح النيون في الإعلانات المضيئة فقط . ويستخدم مع هذه المصابيح محولات بجهد ثانوى يصل إلى ٦ ك.ف. وتنبعث من هذه المصابيح ضوءاً بألوان مختلفة ، مثل الأزرق أو الأحمر أو الأخضر كما سبق أن ذكرنا . ويؤدى نوع الغاز الموجود بأنبوبة المصباح وبنوع زجاجة المصباح إلى الحصول على اللون المطلوب . وفيما بين جدول يبين لون الضوء المبعث لدى يمكن الحصول عليه من مصابيح النيون بتمثيل لون الزجاجة ونوع الغاز المستخدم .

المصابيح ذات الضوء الأزرق المملوء بغاز النيون		المصابيح ذات الضوء الأحمر المملوء بخليط من غاز النيون والأرجون وبخار الزئبق	
لون الزجاجة	لون الضوء المبعث	لون الزجاجة	لون الضوء المبعث
زجاجة شفافة	أزرق فاتح	زجاجة شفافة	برتقالي على أحمر
زجاجة صفراء	أخضر	زجاجة حمراء	أحمر قان
زجاجة بنية	أصفر	زجاجة بيضاء	أحمر فاتح
زجاجة خضراء	أخضر فاتح		
زجاجة بيضاء	أزرق فاتح		

وتوضح لبيانات التالية قيم الجهد و التيار التي تعمل عليها مصابيح النيون :

المصابيح ذات الضوء الأزرق بقطر ٢٧ م ٢١٠ فلت لكل متر طول ويمر بها ٣٥ مل أمبير

المصابيح ذات الضوء الأزرق بقطر ٢٢ م ٢٥٠ فلت لكل متر طول ، ويمر بها ٥٠ مل

أمبير

المصابيح ذات الضوء الأحمر بقطر ١٢ م - ٣٠٠ فلت لكل متر طول ، ويمر بها ٣٥ مل

أمبير

المصابيح ذات الضوء الأحمر بقطر ٢٢ م - ٣٥٠ فلت لكل متر طول ، ويمر بها ٥٠ مل

أمبير

٣ - المصابيح الفلورسنتية بجهد عال وضغط جوى منخفض :

وهي أحد أنواع المصابيح الفلورسنتية ذات الجهد العالي التي تعمل تحت ضغط جوى منخفض وهي تشبه إلى حد كبير أنواع المصابيح النيون ذات الضوء الأزرق التي تنتج كمية كبيرة جدا من الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية فإذا طليت حدران أديب هذه المصابيح من الداخل بمادة فلورية ، فإنها تنوهج بدرجة كبيرة عندما تصطدم بها هذه الأشعة فوق البنفسجية . ويتوقف فلون الإضاءة المنتجة من هذه المصابيح أيضا على نوع الزجاج ومادة الفلور المستخدمة في طلائها .

وتتميز هذه المصابيح بكفاءة ضوئية أكثر بكثير من الكفاءة الضوئية للمصابيح ذات الضوء الأزرق .

وتعمل هذه المصابيح على نظم الجهد العالي (في حدود ٦ ك.ف) ، ولذلك يستخدم معها محولات لم ملئت ثنوية بجهد عال . وتستخدم هذه المصابيح في الإعلانات المضيئة وفي الأغراض العامة .

٤ - مصابيح الصوديوم (بجهد منخفض وضغط جوى منخفض) :

إذا أضيف إلى المصابيح المسبقة بمار ليون بعض آثار من الصوديوم الذي يتبخر عندما يسخن المصباح ، فإبنا نحصل على مصباح الصوديوم الذي يبعث منه ضوء له شدة ضوئية عالية ومن خصائص هذا المصباح أنه يعمل بعد تشغيل دائرته بمدة تدراوح بين ٨ ، ١٠ دقائق ، وأن لون الضوء المنبعث منه هو اللون الأصفر الذي تترشح إليه العين وتنتضح به تفاصيل الأشياء ، بالرغم من أنه يسبح على الأجسام في الغالب ألوان قاتمة ، لو ألوان صفراء . ويتميز الضوء المنبعث من هذه المصابيح بقدرته على اختراق الأبخرة والضباب ، مما يجعل استخدامه في إضاءة الطرق والموانئ المعرضة للضباب والأبخرة أمرا ضروريا لمح الحوادث والارتقاقات التي قد تحدث نتيجة لاستعمال إضاءة عادية في مثل هذه الظروف .

٥ - مصابيح بخار الزئبق (بمجهود عال وضغط جوى عال) :

تغطى مصابيح بخار الزئبق ضوءاً له لون مقبول عن الضوء الذى تعطيه مصابيح الصوديوم . وعند ارتفاع الضغط داخل أنبوبة المصباح إلى حوالى ١٠ ضغط جوى ، فإن الكفاءة الضوئية للمصباح تصل إلى أعلى قيمة لها .

كيفية تشغيل المصباح :

عند مرور التيار الكهربائى خلال الزئبق فإنه يتبخر ويحدث بالمصباح قوس كهربائى فى جو من بخار الزئبق يزدى إلى إنتاج أشعة فوق البنفسجية عند أقطاب المصباح وتحاط أقطاب المصباح الزئبقى عادة بأنابيب من الزجاج من نوع معين لتظل درجة حرارة الأقطاب ثابتة ، ولكى تمنع الإشعاعات فوق البنفسجية الضارة من الانبعاث للخارج .

وتستخدم الإضاءة لزئبقية الآن فى بعض المصانع للأعمال التى تستلزم رؤية تفصيل لأشياء الدقيقة ، كما تستخدم فى الأماكن التى يوجد بها أثرية أو أجهزة تحجب الرؤية مثل مصانع الأسمنت ومصانع الغزل والمسابك .. إلخ .

٦ - المصابيح الزئبقية الفلورسنتية :

يعتبر هذا المصباح أحد أنواع مصابيح الزئبق المعدلة، وفيه تغطى جدران المصباح لزئبق بمادة الفلور ، مما يساعد الإشعاعات فوق البنفسجية المبعثة بكثرة من بخار الزئبق إلى الاصطدام بمادة الفلور ، فينتج عن ذلك توهج عال وضوء ذو كفاءة عالية جداً ، ويتميز هذا الضوء باللون الأبيض المصفر وتشوبه آثار لون أخضر . وتستخدم هذه المصابيح لإضاءة الأماكن الشاسعة المساحة والطرق الطويلة وملاعب الكرة ، إلخ .

(٧٥) هندسة الإضاءة :

تبنى الأسس العلمية للهندسة الضوئية على عدد من التعريفات والاصطلاحات مثل : شدة الإضاءة - والتدفق الصوتى وكية الضوء - والكفاءة الضوئية - والشدة الضوئية - والكثافة الضوئية ، التى يمكن التعبير عنها بالوحدات المعترف بها ، والتى يمكن أن نجدها فى الكتب المتخصصة فى الهندسة الضوئية . وتهتم هندسة الإضاءة بوصف الطرق المناسبة لاختيار الضوء المناسب للمكان المناسب ، والذي يعطى الراحة التامة ، والكفاءة الضوئية اللازمة ، بحيث لا يسبب للأفراد أى إزعاج نتيجة لزيادة أو قلة الإضاءة . لذلك يفضل استخدام المهندسين المتخصصين فى عمليات الإضاءة للقيام بتصميم وتخطيط الإضاءة اللازمة للمصانع والمنشآت المختلفة ، أو للقيام بتصميم إضاءة أماكن العمل ، والطرق ، والشوارع ، والملاعب ، والمخازن ، وغير ذلك ، لضمان ملائمة إضاءة المكان لطبيعة العمل وللأفراد القائمين ، وللحصول على الإضاءة المناسبة بأقل التكاليف .

منحنى توزيع شدة الإضاءة :

من المعروف أن المصباح العادى المعلق فى السقف لا يعطى ضوءاً له اتجاه محدد . لذلك تستخدم وسائل تثبيت المصابيح المختلفة لتنى بعدة أغراض سندكرها فيما بعد . ومن أهم الأساليب المتبعة فى قياس كفاءة أى وسيلة من وسائل تثبيت المصابيح استخدام منحنى توزيع شدة الإضاءة .

وينقسم منحنى توزيع شدة الإضاءة إلى جزئين : الجزء العلوى ، والجزء السفلى . ويحدد الجزء العلوى شدة الإضاءة فى الجزء من الحجرة الذى يعلو المصباح ، أما الجزء السفلى فيحدد شدة إضاءة الجزء من الحجرة الواقع أسفل المصباح . ومن هنا نشأت أهمية استخدام وسائل تثبيت المصابيح .

(٧٦) وسائل تثبيت المصابيح :

تستخدم وسائل تثبيت المصابيح فى الأغراض الآتية :

- ١ - التأثير على اتجاه وتوزيع الإضاءة الصادرة من المصباح ، أى التحكم فى منحنى توزيع شدة الإضاءة بحيث ينى بأغراض الذى استخدم المصباح من أحله
- ٢ - تسهيل عملية تركيب المصباح والسلك وملحقاته بطريقة مقبولة .
- ٣ - حماية المصباح من المؤثرات الخارجية التى قد يتعرض لها .
- ٤ - منع الأتربة والأقذار من التعلق بالمصباح مباشرة .
- ٥ - حماية العين من تركيز شدة الإضاءة عليها نتيجة لعدم توزيع الضوء توزيعاً مريحاً .

تقسيم وسائل تثبيت المصابيح :

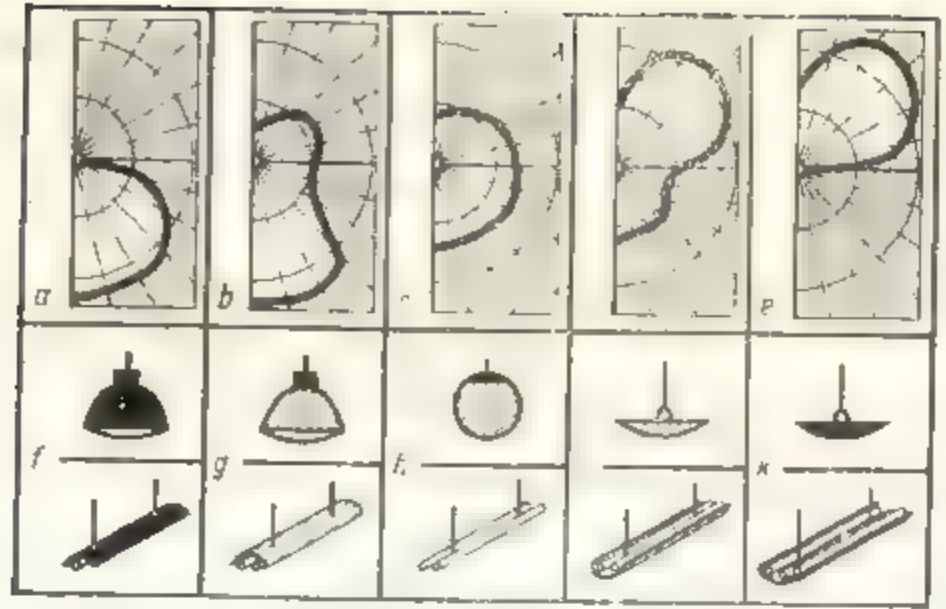
من الممكن تقسيم وسائل تثبيت المصابيح إلى مجموعات تبعاً للأغراض الآتية .

- ١ - منحنى توزيع شدة الإضاءة .
- ٢ - الغرض من استخدام المصباح .
- ٣ - ثبوتها فى مكانها أو قابليتها للحريك .

١ - تقسيم وسائل تثبيت المصابيح تبعاً لمنحنى توزيع شدة الإضاءة :

يبين الجدول التالى مع الشكل رقم (١٩٠) توضيحاً عملياً لمميزات وخصائص هذا التقسيم وكيفية الاستفادة من منحنى توزيع شدة الإضاءة لاختيار أنسب وسائل التثبيت ، حيث أن كل نوع من أنواع توزيع الإضاءة تقابله وسيلة التثبيت التى تناسبه ، كما يفيد منحنى التوزيع فى الحصول على شدة الإضاءة المطلوبة أسفل المصباح أو أعلاه أو كليهما تبعاً للمواصفات المطلوبة

شدة الإضاءة	رسم ١٩٠ أ	رسم ١٩٠ ب	رسم ١٩٠ ج	رسم ١٩٠ د	رسم ١٩٠ هـ
نسبة تدفق الإضاءة في الجزء العلوى من المصباح . نسبة تدفق الإضاءة في الجزء السفلى من المصباح .	صفر - ١٠	%٤٠ - ١٠	%٦٠ - ٤٠	%٩٠ - ٦٠	%١٠٠ - ٩٠
نوع وسيلة التثبيت	وسيلة تثبيت الإضاءة مباشرة تماما .	وسيلة تثبيت الإضاءة شبه مباشرة	وسيلة تثبيت الإضاءة مستقيمة (مباشرة ، وغير مباشرة) .	وسيلة تثبيت الإضاءة غير مباشرة تقريبا	وسيلة تثبيت الإضاءة غير مباشرة
حساسات 'إشعاع' الناتج	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار في حدود زاوية ضيقة .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار في زاوية أكبر .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أسفل وإلى أسفل بالتساوى .	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أعلى أكثر منه إلى أسفل	وسيلة تثبيت تسمح للضوء بالانتشار إلى أعلى فقط .
رقم رسم وسيلة التثبيت المقابلة	شكل ١٩٠ ح	شكل ١٩٠ ك	شكل ١٩٠ ل	شكل ١٩٠ م	شكل ١٩٠ ن



الشكل (١٩٠) انظر الجدول من أ - ي

ومن هذا الجدول يمكن اختيار وسيلة التثبيت المناسبة لنوع العمل والمكان المطلوب إضاءته .
وفيما يلي وصف عام لوسائل التثبيت المختلفة المذكورة في الجدول السابق .

وسائل تثبيت بإضاءة مباشرة :

تستخدم هذه الوسائل في انورش ، وخاصة تلك التي لها سقف عالية . وتسمح هذه الوسائل عادة للضوء بالانتشار في زوايا ضيقة لتركيز الضوء على الأماكن المطلوب إضاءتها ، كما تستخدم لإضاءة الأماكن التي تحتاج إلى إضاءة مباشرة وخاصة تلك التي يتم فيها تجميع الأجزاء الدقيقة ، حيث أن الإضاءة غير المباشرة لا تصلح لمثل هذه الأماكن . وتستخدم أيضا في إضاءة المخازن والأماكن المكشوفة وفي إنارة واجهات المحلات .

وسائل تثبيت بإضاءة شبه مباشرة :

تستخدم هذه الوسائل في إنارة الحجرات والمكاتب ، وفي إنارة الورش ذات السقف المنخفضة ، وخاصة تلك التي لا تستدعي تجنب الظلال .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة المنتظمة :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة المكاتب والورش ذات السقف العادي ، والتي طليت جدرانها وسقفها بألوان زاهية ، مما يتطلب الإضاءة المنتظمة مع تجنب الظلال الكثيرة ، علما بأن كفاءتها الضوئية متوسطة .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة غير المباشرة تقريبا :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة المكاتب ، وفي الأماكن العامة التي لا تؤثر الظلال في درجة وضوحها ، وفي الأماكن التي تتطلب إضاءة منتظمة أيضا ، مثل الاستراحات والمراكز الثقافية علما بأن كفاءتها الضوئية عالية .

وسائل تثبيت المصابيح للإضاءة غير المباشرة :

تستخدم هذه الوسائل لإضاءة الحجرات الطيبة والمراكز الثقافية والأماكن التي تتطلب قلة الظلال أو انعدامها ، حيث أن من مميزات الإضاءة غير المباشرة ، عدم تكون الظلال . ومن عيوبها قلة كفاءتها الضوئية بدرجة كبيرة .

٢ - تصنيف وسائل تثبيت المصابيح تبعاً للغرض من استخدام المصباح :

(١) وسائل تثبيت المصابيح للأغراض المختلفة	(ب) وسائل تثبيت المصابيح للأغراض المنزلية	(ج) وسائل تثبيت المصابيح لحجرات المراكز الثقافية
<ul style="list-style-type: none"> - وسائل تثبيت المصابيح لأغراض الإنارة العامة للحجرات التي يتم فيها تشغيل المتجذات . - وسائل تثبيت المصابيح لإنارة مكان معين في الحجرات التي يتم فيها تشغيل المتجذات . - وسائل تثبيت المصابيح في الحجرات التي قد تتعرض لأخطار معينة مثل الانفجارات أو الغازات . - وسائل تثبيت المصابيح المستخدمة في التصوير وفي أغراض الزينة . - وسائل تثبيت مصابيح السيارات والقطارات . 		

٢ - تصنيف وسائل تثبيت المصابيح تبعاً لقابليتها للحريك أو ثباتها في مكانها :

وسائل تثبيت قابلة للحريك	وسائل تثبيت ساكنة أو ثابتة في مكانها
<ul style="list-style-type: none"> - وسائل تثبيت مزودة بتجهيزات لإحكام وضع وسائل تثبيت المصابيح في مكانها . - وسائل تثبيت بدون تجهيزات لإحكام وضع وسائل تثبيت المصابيح في مكانها وتنقسم إلى : <ul style="list-style-type: none"> - (١) وسائل تثبيت نقالي - (ب) حوامل لوسائل التثبيت يمكن نقلها في أي مكان يدوياً أو بالقدم . 	<ul style="list-style-type: none"> - وسائل تثبيت المصابيح في السفن . - وسائل تثبيت المصابيح في الحائط . - وسائل تثبيت المصابيح في الأرض . - وسائل تثبيت المصابيح داخل المباني - وسائل تثبيت المصابيح تستخدم بحيث يمكن توصيلها بوسائل تثبيت أخرى .

ويجب عند اختيار أنسب وسائل التثبيت التي تلائم لغرض المطلوبة من أجله الإضاءة أن توضع جميع الخصائص والمميزات التي سبق ذكرها في الاعتبار .

الباب التاسع

أجهزة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية

(٧٧) عام :

يمكن الحصول على طاقة حرارية من الطاقة الكهربائية باستخدام أجهزة ووسائل مختلفة كالآتي :

١ - باستخدام مقاومات مصنوعة من مواد ذات مقاومة عالية ، تنبعث منها حرارة عالية بمجرد مرور التيار الكهربائي فيها ، وتناسب درجة الحرارة الناتجة تنسبا طرديا مع مربع شدة التيار المار والمقاومة لنوعية السلك المستخدم وطوله ، وتناسب تناسبا عكسيا مع مساحة مقطع السلك . وقد سبق ذكر ذلك في الجزء الأول من الكتاب . وبين الشكل (١٩١) عنصر مقاومة لمسخن إشعاعي .

٢ - باستخدام القوس الكهربائي : وذلك بإمرار تيار كهربائي بين قطبي كربون بجهد مقداره حوالي ٥٥ فلت . ثم يفصل القطبان عن بعضهما البعض لمسافة مناسبة ، وبذلك يمكن الحصول على درجة حرارة تتراوح بين ٣٥٠٠ إلى ٤٠٠٠°م. وتناسب درجة الحرارة مع شدة التيار المار بين قطبين (ويتراوح بين ١٠ ، ٢٠٠ أمبير) ، تبعا لدرجة الحرارة المطلوبة كما في الشكل (١٩٢) .

٣ - باستخدام الطرق الحثية، وذلك بتطبيق نظرية المحول . أي باستخدام محول ذي قدرة كبيرة تغذي ملفاته الابتدائية من شبكة التغذية وتقتصر دائرة ملفاته اثنائية ، فيمر بها تيار ثانوي ذو شدة عالية ، يؤدي إلى توليد طاقة حرارية كبيرة . ويستخدم لهذا الغرض محول عدد لفات ملفاته اثنائية صغير ، وتكون عادة على هيئة وعاء توضع بداخله المواد أو الحامات المراد إدايتها أو صهرها أو تسخينها . وبين شكل (١٩٣) الأساس الذي تنبنى عليه نظرية المحول الحثي .

٤ - بامتصاص الطاقة الإشعاعية . وتعتمد هذه الوسيلة على تحويل الموجات تحت الحمراء غير المرئية ، والتي يتراوح طولها بين ٨٠٠ م و ١ م ، إلى حرارة في الأحسام المعرضة لهذه الإشعاعات . ويستخدم الهواء عادة كحامل للموجات الإشعاعية بين الجسم المشع والجسم المعرض لهذه الإشعاعات (الجسم المطلوب تسخينه) . وبين شكل (١٩٤) أنواع الإشعاعات التي تنحصر

نوع المعدات	متوسط قدرة الدخل
أفران تسخين كهربائية أفران للطهي دفايات كهربائية أفران خبز مخانات مغمورة صغيرة مخانات لخزانات المياه الساخنة المكايى الكهربائية	٦٥ وات . حتى ١,٥ ك. وات . من ٥٠٠ إلى ١,٥ ك. وات . من ١ إلى ٣ ك. وات . من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ وات ١,٥ - ٦ ك. وات . ٣٠٠ - ٦٠٠ وات .

مخانات المياه المنزلية :

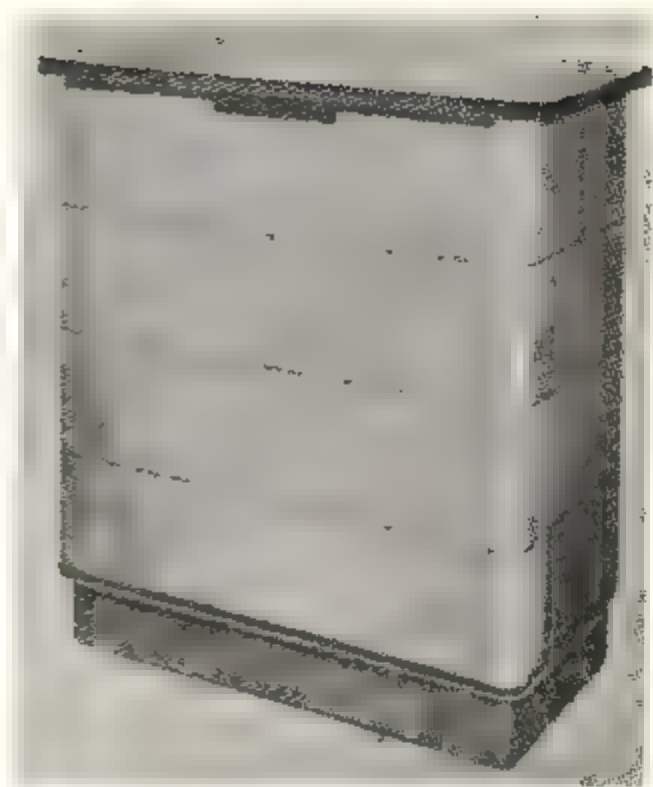
من المعروف أن السخانات الكبيرة المستخدمة في تدفئة المحركات المنزلية وتسخين خزانات المياه ، يتم تشغيلها ليلا في ساعات خصاص الأذى ، حتى يكون سعر استهلاك الكهرباء أقل . ويمكن . وبين شكل (١٩٥) أحد أنواع السخانات المستخدمة في خزانات المياه . ويتكون الخزان من مبنى من الطوب الحجري مملوء بالماء ، وله مواسير بداخلها المقاومات المستخدمة في التسخين والتي يتم تشغيلها ليلا . أما أثناء النهار فترفع أعطية هذه السخانات وتخرج منها الأبخرة لتعطي الدفء في الفراغ المحيط بها . أو تدفع المياه الساخنة في مواسير المحركات المختلفة أثناء الليل أو النهار لتدفئتها . وتستخدم في هذه الخزانات أنواع مختلفة من وسائل التحكم الكهربائية ، مثل ساعات الزمنية لتحديد ساعات تشغيل هذه المعدات ، كما تستخدم بها معدات درجات الحرارة وأجهزة القطع والوصل ، لتحديد درجة حرارة المطلوبة ، وأوقات تشغيل هذه المعدات وفيما يلي بيان بالاعتماد التقريبية لخزانات المياه الكهربائية المستخدمة في تدفئة المحركات ، وكذلك قدرة الدخل اللازمة لكل منها .

وتحتاج خزانات المياه الكهربائية المستخدمة في التدفئة والتي يتراوح حجمها بين ٣م^{١٠} ، ٣م^{٥٠} إلى حوالي ٨٠ لتر لكل متر مكعب . أما الخزانات التي يتراوح حجمها بين ٣م^{٥٠} ، ٣م^{١٠٠} فتحتاج إلى حوالي ٦٠ وات لكل متر مكعب . وتحتاج الخزانات التي يتراوح حجمها بين ٣م^{١٠٠} ، ٣م^{٥٠٠} إلى حوالي ٤٠ وات لكل متر مكعب .

يستخدم سخان مياه النسي في الشكل (١٩٦) وهو بقدرة دخل ٤ ك. وات ، في تدفئة حجرة أبعادها ٣م × ٤م × ٤م لتصل درجة حرارتها إلى ٥٢٠ م . ومن الممكن تحديد درجة الحرارة باستخدام مبيدات درجة الحرارة المرودة بأجهزة صغيرة للقطع والوصل والتحكم في الكهرباء بحيث تظل درجة الحرارة في نطاق حدود معينة .

وفي نظام التدفئة اعلق يدخل الماء البارد عن طريق صمام خاص إلى وعاء السخان الكهربائي حيث يتم تسخين المياه ثم يسمح للماء الدافئ أن يمر إلى مواسير التدفئة عن طريق صمام آخر . ثم تعود المياه بعد ذلك إلى السخان عن طريق صمام أول . وهكذا .

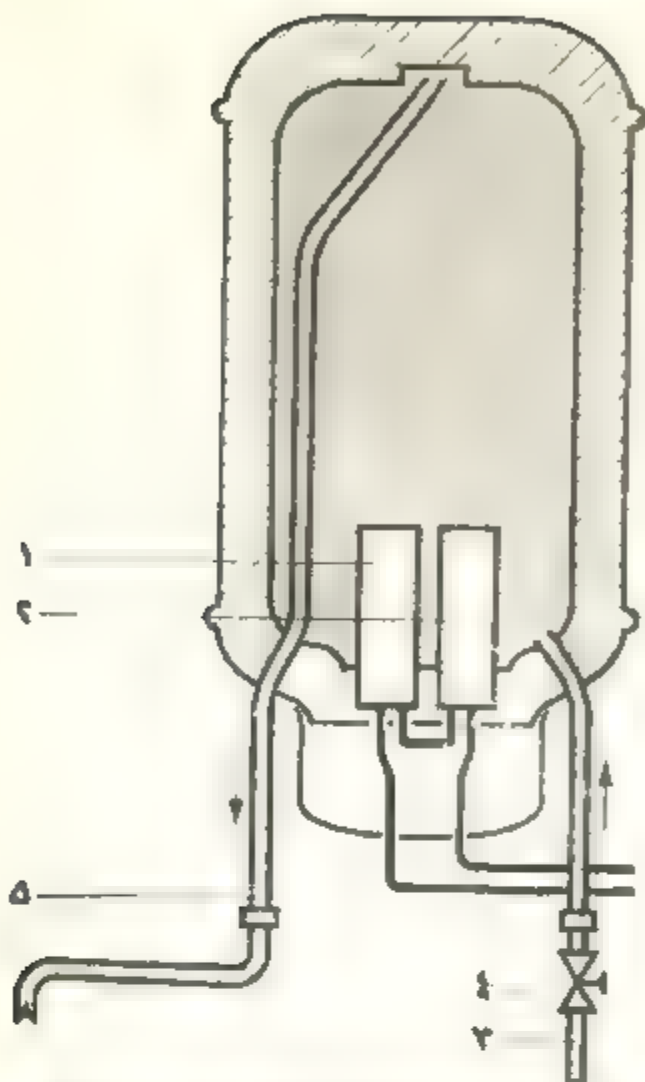
الشكل (١٩٥) خزانات المياه الساخنة .



بيان بقدرة بعض معدات الاستخدام المنزلية للتدفئة أو للتسخين، وبعض المعدات المستخدمة في الأغراض الصناعية والزراعية .

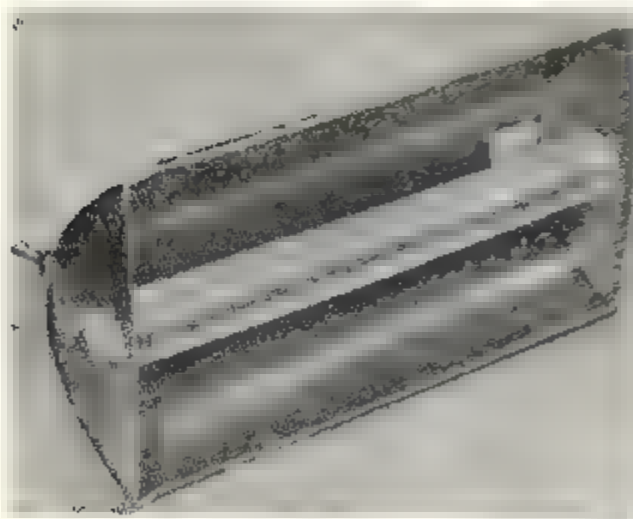
نوع المعدات	متوسط قدرة الدخل
مخازنات لخزانات المياه الساخنة مشع مضى فرن بالقوس الكهربائي (٣٥ طن) فرن حثي (بمحول مقصر الدائرة الثانوية) فرن حراري بمقاومات معدات اللحام بالمقاومة	٥,٤ ك. و. ١٢٥ وات ، ٢٥٠ وات ، ٥٠٠ وات ١٢,٠٠٠ ك. ف. أ. ١٢٠ ك. ف. أ. (٥٠ ذ/ث) ١٠٨ ك. ف. أ. (يعطي حرارة ١٣٥٠ م°) ١ ك. وات - ٣٠ ك. وات .

وتبين الأشكال من (١٩٧ - ٢٠١) بعض المعدات المستخدمة في المجالات الصناعية والزراعية للتسخين والتدفئة .



الشكل (١٩٦) رسم لمقطع في سخان كهربائي للمياه
بنظام التدفق المستمر .

- ١ - عنصر تسخين
- ٢ - جهاز تحكم في درجة الحرارة
- ٣ - مواسير دخول الماء البارد .
- ٤ - صمام لفلل الماء .
- ٥ - ماسورة تدفق الماء الزائد وخروج الماء الساخن .



الشكل (١٩٨) المشع المظلم
يمكن أن يتعرض هذا المشع لإجهادات ميكانيكية عالية. وتصل درجة حرارته إلى ٤٥٠°C . ويستخدم في الحالات التي لا يلزم فيها وجود إضاءة مطلقاً بجانب عملية التسخين. ويستخدم في دور السينما، وفي معامل التصوير ومصانع التجفيف .

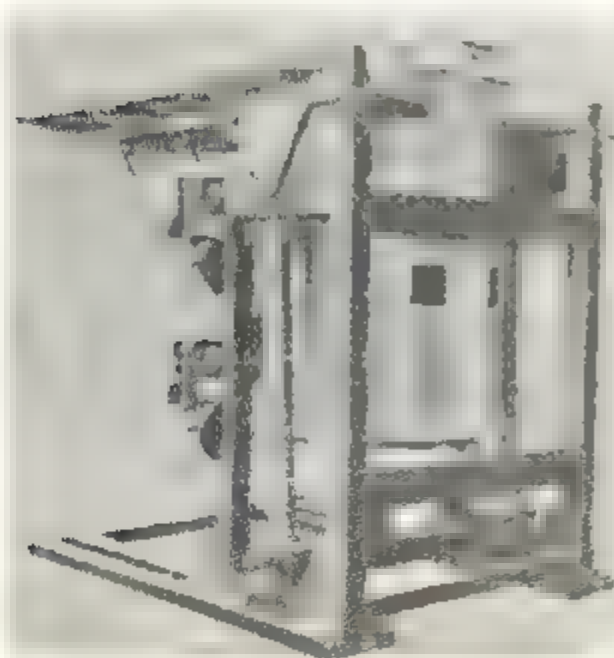


الشكل (١٩٧) مشع مضئ
في هذا المشع تتحول حوالي ٢% من القدرة الداخلة للمشع إلى ضوء مرئي عند درجة حرارة ١٥٠°C . ويستخدم المشع المضئ عندما تُلزم عملية الإضاءة والتسخين معاً في نفس الوقت . وتستخدم مثل هذه المشعات المضئية في حظائر تربية الحيوانات .



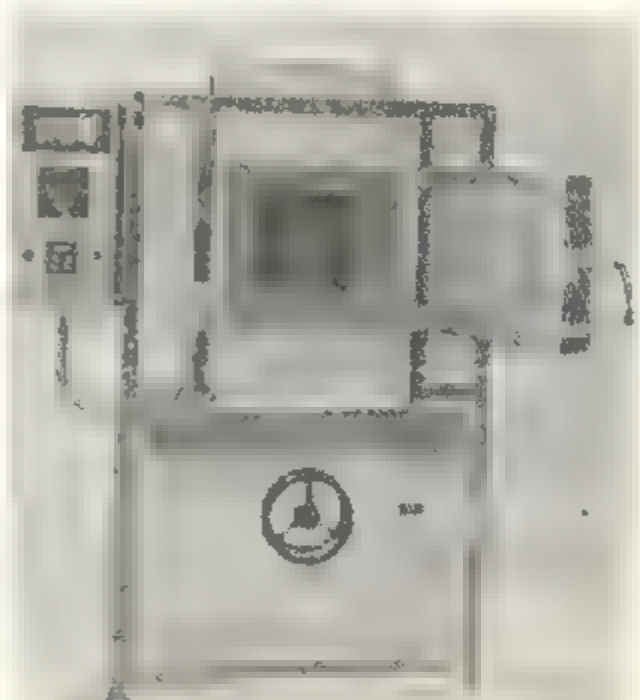
الشكل (١٩٩) مشع كهربائي

يستخدم هذا المشع الذي يعمل بالإشعاع الضوئي في عملية تجفيف الطلاء والورنيش وخاصة في الأفران المستطيلة التي تمر فيها المشغولات بعد طلاؤها .



الشكل (٢٠١) الأفران الحثية .

تستخدم هذه الأفران أساساً في عمليات صهر المعادن



الشكل (٢٠٠) الأفران ذات المقاومة

تستخدم الأفران التي يتم فيها التسخين بالمقاومات في المعاملات الحرارية للصلب (عمليات التخمير والتقسية)

هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية

نظرة عامة على هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية (هندسة التيار الضعيف)

يطلق على هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية في بعض الأحيان اسم هندسة إرسال واستقبال الإشارات والمعلومات والبيانات بالتيار الضعيف .

ويبين شكل (٢٠٢) المراحل التي تمر بها إشارة ما ، ابتداء من نقطة إرسالها حتى نقطة استقبالها في الطرف الآخر . وتختلف أجهزة الإرسال والاستقبال وطرق الاتصال بينها باختلاف المعلومات المراد نقلها .

فقد يكون مرسل المعلومات رجلاً يتكلم في ميكروفون . والمستقبل رجلاً آخر يثنى هذه المعلومات بواسطة سماعة يربطها مع الميكروفون سلك موصل . وفيما يلي مثالان أحدهما لاتصال سلكي والآخر لاتصال لاسلكي :

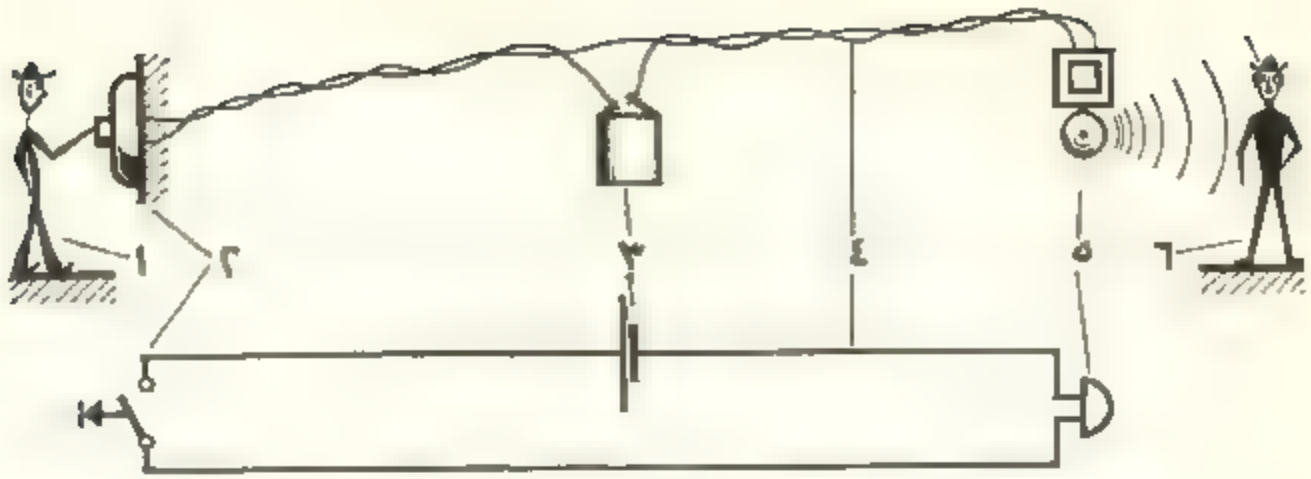
مثال للاتصال السلكي :

في هذا المثال مرسل الإشارة عبارة عن جهاز يمين مستوى سائل في خزان. فإذا وصل السائل في الخزان إلى مستوى معين يقوم الجهاز بتحريك ملاس عائِم موضوع عند هذا المستوى ليعلق أو يفتح دائرة إنذار ، أو يقوم بتشغيل مصباح بيان أو وسيلة رنين موضوعة في مكان آخر . ويتم التوصيل بين الملامس ووسيلة الإنذار عن طريق سلك موصل . وبذلك يمكن نقل المعلومات التي تدل على وصول السائل إلى هذا المستوى في الخزان من مكان إلى مكان آخر بالوسائل السلكية .

مثال للاتصال اللاسلكي :

يبين الشكل (٢٠٢) كيفية نقل المعلومات بالطرق اللاسلكية، حيث ترسل التيارات ذات التردد المنخفض الصادرة من الميكروفون أو من محطة الإرسال باستخدام جهاز إرسال يولد تيارات بتردد عال لتحمل التيارات ذات التردد المسموع المراد إرسالها بطريقة التشكيل التي سيأتي ذكرها فيما بعد . وفي أجهزة الاستقبال يتم فصل التيارات ذات التردد العالي عن التيارات ذات التردد المنخفض . ثم تحول التيارات ذات التردد المنخفض إلى معلومات أو أصوات مسموعة أو صور مرئية . . . إلخ .

وقد تتعرض الإشارات والمعلومات لتغيرات كبيرة نتيجة لفقد كفاءة أجهزة الإرسال والاستقبال أو قلة كفاءة وسائل نقل المعلومات .



الشكل (٢٠٢) شكل لسلسلة معلومات بسيطة تبين المراحل التي تمر بها عملية إرسال واستقبال المعلومات .

- ١ - مصدر المعلومات (نقطة إرسال المعلومات)
- ٢ - محول طاقة يقوم بتحويل المعلومات إلى إشارات
- ٣ - التيار الكهربائي الحامل للمعلومات (الإشارات)
- ٤ - قناة المعلومات (وسائل توصيل المعلومات) .
- ٥ - محول طاقة يقوم بتحويل الإشارات إلى معلومات
- ٦ - مستقبل المعلومات

ويقتصر هذا الجزء على شرح بعض الأجهزة المستخدمة في مجال خدمة الاتصالات السلكية واللاسلكية (بالتيار الضعيف) ، مثل :

- ١ - أجهزة تحويل المعلومات الضوئية أو الصوتية أو الميكانيكية أو الحرارية إلى إشارات كهربائية ، والعكس .
 - ٢ - أجهزة إرسال الإشارات الكهربائية .
 - ٣ - أجهزة استقبال الإشارات الكهربائية وتحويلها إلى معلومات صوتية أو ضوئية ... إلخ .
 - ٤ - وسائل الاتصال بين أجهزة الإرسال وأجهزة الاستقبال مع شرح لوسائل التحكم في الإشارات وتضخيمها .
- ومن المعروف أنه يوجد العديد من الأجهزة التي تقوم بتحويل المعلومات أو التغيرات في أنواع الطاقة إلى إشارات كهربائية بتيار ضعيف ، والعكس . ويطلق على هذه الأجهزة اسم « محولات الطاقة » . وتدل كلمة محول طاقة على أنه جهاز يحول نوع من الطاقة إلى نوع آخر . وتنقسم هذه الأجهزة إلى :
- أولاً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية .
 - ثانياً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الحرارية إلى إشارات كهربائية .
 - ثالثاً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الضوئية إلى إشارات كهربائية .
 - رابعاً : أجهزة لتحويل المعلومات أو التغيرات الصوتية إلى إشارات كهربائية .
- و بنفس التصنيف السابق توجد أجهزة لتحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ميكانيكية أو حرارية أو ضوئية أو صوتية .

الباب الاول

اجهزة تحويل المعلومات

الميكانيكية او الحرارية او الضوئية او الصوتية

الى اشارات كهربائية

اولا : اجهزة تحويل المعلومات الميكانيكية الى اشارات كهربائية :

(١) مفاتيح التلامس :

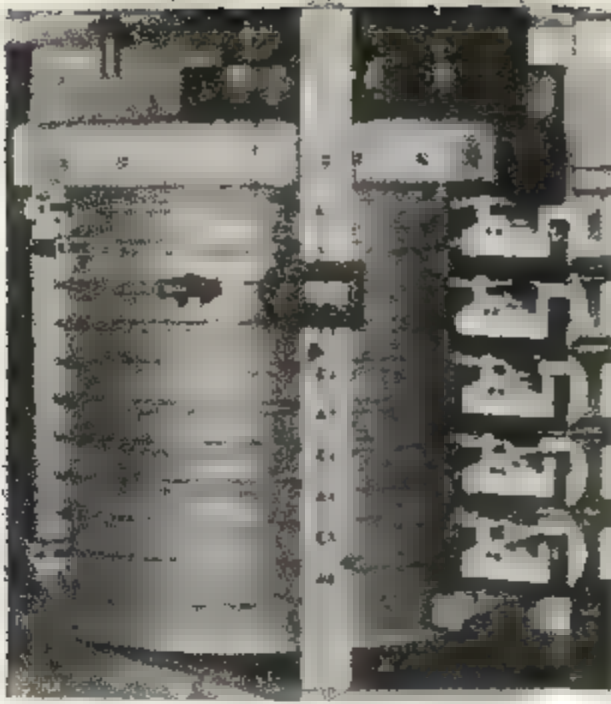
يوجد عدد كبير جداً من الأجهزة المستخدمة في تحويل المعلومات أو التعبيرات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية وقد شرحنا بعض هذه الأجهزة في مجلد هندسة القوى الكهربائية ومن أمثلة الأجهزة التي تقوم بتحويل المعلومات الميكانيكية إلى إشارات كهربائية : مفاتيح التلامس ، ومعدات القطع والوصل ، ومفاتيح التحكم . إلخ ، ولا تختلف مفاتيح التلامس المستخدمة في هندسة التيار الضعيف عن تلك المستخدمة في هندسة لقوى ، سواء في الأداء أو التصميم ، وإما تعبیر المفاتيح المستخدمة في هندسة التيار الضعيف بحجم وربما وصغر حجمها ودقة صممها وتزود مفاتيح التلامس عادة بعدة ملامسات دقيقة يمكن عن طريقها تحويل التعبير في أي حركة ميكانيكية لآلة أو أداة إلى قفل أو فتح هذه الملامسات . وتقوم الملامسات بدورها بتشغيل دوائر التحكم الكهربائية .

ويبين شكل (٢٠٣) أحد أنواع هذه المفاتيح . وقد أدخل على هذه المفاتيح العديد من التحسينات التي أدت إلى تصنيع المفاتيح الميكرومترية الدقيقة التي انتشر استخدامها على نطاق واسع في هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية . وتتميز هذه المفاتيح الميكرومترية بسهولة تشغيلها لوجود ياديات محملة تسهل عملية قفل وفتح الملامسات وتقليل الوقت الذي تستغرقه المفاتيح في تشغيل الدوائر الكهربائية :

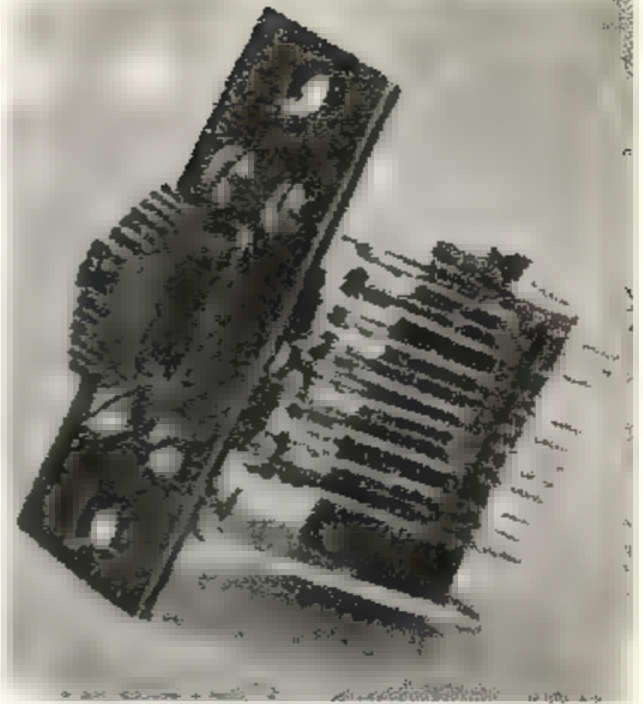
ومن أنواع مفاتيح التلامس :

(أ) مفاتيح التحكم في برنامج تشغيل الماكينة :

يمكن التحكم في برنامج تشغيل الماكينة باستخدام محرك كهربائي صغير ، يقوم بإدارة قرص له شكل خاص (كما في) . ويعمل هذا القرص على قفل وفتح بعض ملامسات نوع من مفاتيح التلامس بترتيب معين لقم على الماكينة عمليات إنتاج متتالية تبعاً لتسلسل سبق تحديده .

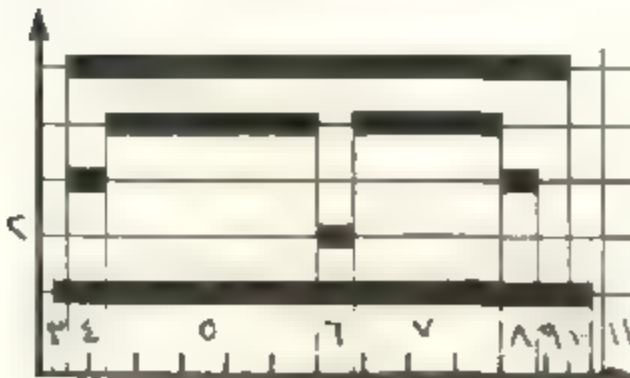


الشكل (٢٠٤) عنصر تحكم يمكن بواسطته تنفيذ برنامج لعدد من عمليات التشغيل بطريقة أوتوماتيكية. وهو عبارة عن مفتاح ملامسات متعددة ويعمل بواسطة كامرة ومحرك كهربائي صغير .



الشكل (٢٠٣) عنصر تحكم عبارة عن مفتاح ملامسات متعددة يستخدم كمحول طاقة

- ٨ - العملية السابعة : تحريك القطعة بسرعة إلى اليمين .
- ٩ - العملية الثامنة : عملية إيقاف القطعة في أقصى اليمين .
- ١٠ - العملية التاسعة : إيقاف حركة عمود الإدارة .
- ١١ - العملية العاشرة : فك القطعة من وسيلة الإمساك بها .



- الشكل (٢٠٥) رسم تخطيطي يبين تقابع عمليات الوصل والفصل لتنفيذ برنامج معين لعدد من عمليات التشغيل على المخروطة :
- ١ - المحور الزمني (الوقت بالدقائق) .
- ٢ - العملية الأولى : الإمساك بالقطعة المراد تشغيلها .
- ٣ - العملية الثانية : تحريك القطعة إلى اليمين بسرعة .
- ٤ - العملية الثالثة : تحريك عمود الإدارة .
- ٥ - العملية الرابعة : حركة تغذية قلم المخروطة .
- ٦ - العملية الخامسة : تحريك القطعة بسرعة إلى اليسار .
- ٧ - العملية السادسة : حركة تغذية قلم المخروطة .

ويبين الشكل (٢٠٤) أحد مفاتيح التلامس التي يمكن استخدامها، بحيث نحصل على تسلسل لعمليات التشغيل طبقاً للرسم البياني الموضح بالشكل (٢٠٥). وفيه يظهر لحظة ابتداء وانتهاء كل عملية، والوقت الذي يتقضى بين كل عمليتين متتاليتين.

(ب) مفاتيح بيان الوضع النهائي :

تستخدم مفاتيح بيان الوضع النهائي للتحكم في حركة أى آلة أو أداة. أو تحديد مستوى السوائل، أو تحديد الضغط في حيز مقفل، ومن أمثلة هذا النوع من المفاتيح :

- العوامة ذات الملامسات التي تقوم بفتح الدائرة الكهربائية للمحرك الذي يدفع المضخة إذا وصل السائل في الخزان إلى حد معين.

- مبيات أعلى ضغط أو أعلى درجة حرارة تعتبر أيضاً ضمن مفاتيح بيان الوضع النهائي.

مفاتيح الوضع النهائي المستخدمة في ماكينات التشغيل والمصاعد الكهربائية المبنية بالشكل (٢٠٦).

يصبغ المفتاح في وضع معين بحيث لا يتعداه فلم لمخرطة مثلاً فإذا وصل القلم إلى هذا الوضع فإنه يقوم بتشغيل المفتاح لفتح دائرة محرك المخرطة وإيقادها كما يستخدم أيضاً في المصاعد للتحكم في الوضع النهائي الذي يمكن أن يصل إليه المصعد. فعندما تصل كابينة المصعد إلى هذا الوضع يقوم بتشغيل المفتاح لفتح دائرة المصعد حتى لا تتعدى الكابينة هذا الوضع

- مفتاح ضوء الإيقاف في السيارة يعتبر أيضاً مفتاحاً لبيان الوضع، حيث يعمل المفتاح عندما يتحرك بدال المرمل. ويصل إلى وضع معين.

- المفاتيح المبنية في شكل (٢٠٧) والمستخدمة في تحويل المعلومات إلى إشارات كهربائية وفيها تعمل الملامسات تلقائياً بواسطة مضطرب تؤدي حركته للأمام أو للخلف إلى فتح أو قفل الملامسات ويمثل هذا النوع من المفاتيح بأن مشوار حركة ملامساته صغير جداً لا يتعدى ١,١ مم، والقوة اللازمة لتشغيله صغيرة.

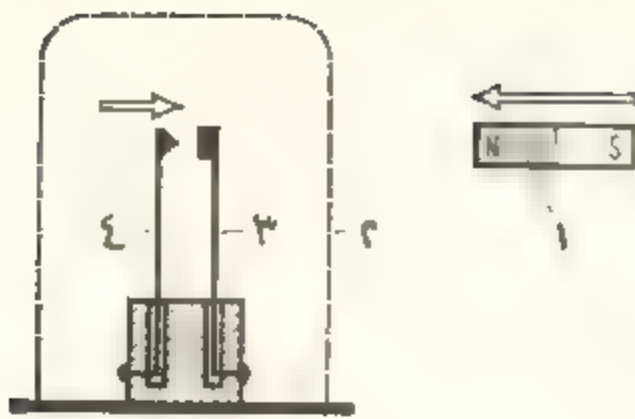
ثانياً : أجهزة تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية :

يطلق على أجهزة تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية اسم «الوسائط الكهحرارية» ومن أمثلة الوسائط الكهحرارية :

المزدوج الحرارى - الترمومتر الرئبقى - المفتاح ثنائى المعدن - مفاتيح التحكم في الحرارة

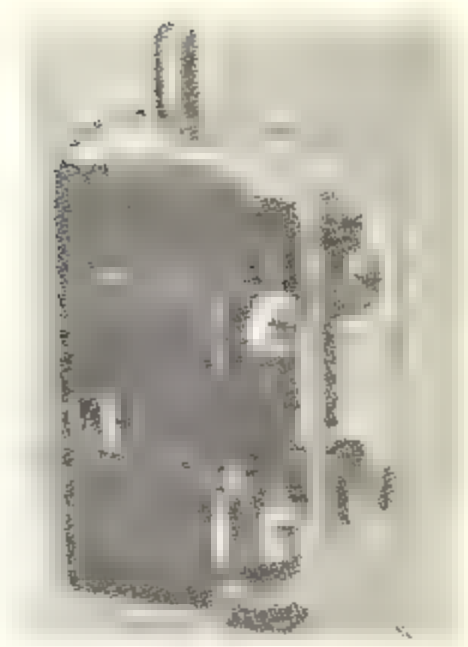
(٢) المزدوج الحرارى :

يتكون المزدوج الحرارى من قضيبين من معدنين مختلفين يوصل طرفهما توصيلاً تاماً عند نقطة يطلق عليها عادة اسم «نقطة التوصيل» فإذا سخّنت هذه النقطة فإنه ينشأ عبر الطرفين الاختلاف في الجهد الكهربي يطبق عليها اسم «القوة لدافعة الكهحرارية». وتستخدم هذه القوة لدافعة في تحويل المعلومات الحرارية إلى جهد يتناسب في قيمته مع درجة حرارة نقطة التوصيل. ويبين الشكل (٢٠٨) رسماً تخطيطياً لدائرة مزدوج حرارى.



الشكل (٢٠٧) أساس عمل المفتاح المغنطيسي

- ١ - مغنطيس القشغيل .
- ٢ - غطاء واقى للمصباح .
- ٣ - ملائص ثابت غير مغنطيسى
- ٤ - الملائص المغنطيسى المتحرك



الشكل (٢٠٦) مفتاح بيان اوضع النهائى



الشكل (٢٠٨) رسم تخطيطى يبين أساس عمل المزدوج الحرارى

- ١ - مزدوج حرارى
- ٢ - مخطوط التوصيل (أسلاك التوصيل)
- ٣ - وسيلة القياس المستخدمة لبيان درجات الحرارة

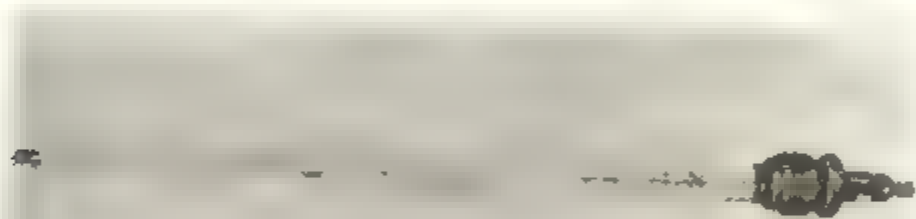
ومن المعروف أن هناك علاقة بين درجة حرارة نقطة التوصيل وبين الجهد المتولد ، ونوع المعادن المستخدمة فى المزدوج الحرارى . ويما يلى بعض المزدوجات الحرارية لشائعة الاستعمال ، ودرجات حرارة القصوى التى يصلح أن تستخدم فيها ، والجهد الأقصى المتولد :

نوع المزدوج الحرارى	درجة الحرارة القصوى	الجهد الأقصى المتولد
نحاس أحمر - كوفستنتان	٥٠٠	٢٨
حديد - كوفستنتان	٨٠٠	٤٧
نيكل - نيكل كروم	١٢٠٠	٤٢
بلاتين - بلاتين روديوم	١٦٠٠	١٧

ومن مميزات المزدوجات الحرارية ، تحويل المعلومات الحرارية إلى إشارات كهربائية يمكن إرسالها إلى مسافة بعيدة . وتستخدم هذه المزدوجات لبيان درجات الحرارة داخل الأفران . حيث توضع بداخلها ، وينقل الجهد المتولد إلى أجهزة البيان الموجودة خارج الفرن ، فيترجم مرة أخرى إلى درجات حرارة . ولحماية المزدوجات الحرارية . ولضمان دقة قراءتها ، يفصل وضعها في أنابيب معدنية مسطحة بمواد عازلة تصمد لدرجات الحرارة المرتفعة . ولضمان عدم تغير قيمة الجهد الكهربائي الصغير المتولد في هذه المزدوجات ، يجب أن تتم التوصيلات الكهربائية بطريقة سليمة لا تؤدي إلى انخفاض ملموس في الجهد . ومن ثم يجب ألا تزيد مقاومة المواد المستخدمة في اتصال بين المزدوج الحراري وأجهزة القياس عن أوم واحد .

(٣) الترمومتر الزئبقي ذو الملامسات :

يمكن استخدام تمدد الزئبق الموجود في الترمومتر نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في تحويل المعلومات الحرارية إلى معلومات كهربائية . فإذا وضعت ملامسات دائرة إنذار أو أي دائرة كهربائية داخل أنبوبة الترمومتر ، عند درجة حرارة معينة ، فإن تمدد الزئبق ووصوله إلى هذه الدرجة يؤدي إلى قفل الملامسات ، وبالتالي إلى تشغيل دائرة الإنذار أو الدائرة الكهربائية وبين الشكل (٢٠٩) نوعاً من أنواع الترمومترات الزئبقية ذات الملامسات .



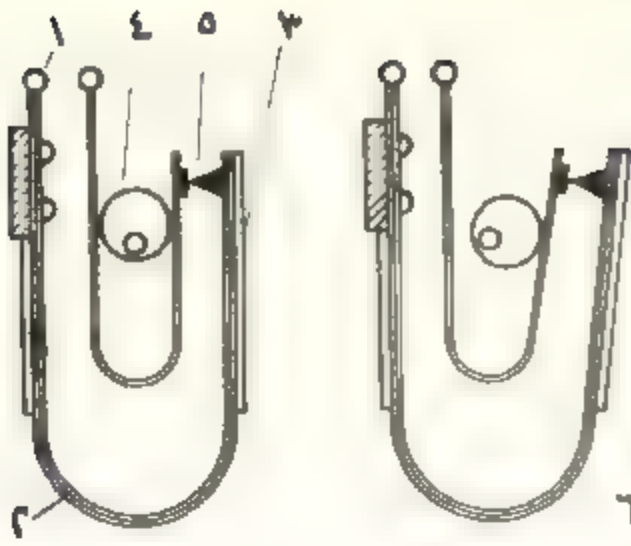
الشكل (٢٠٩) ترمومتر التلامس

(٤) المفتاح ثنائي المعدن :

يقوم المفتاح الثنائي المعدن بنفس العمل الذي يقوم به الترمومتر الزئبقي ذو الملامسات . إلا أنه يعمل بعد فترة زمنية معينة ابتداء من لحظة وصول درجة الحرارة إلى الدرجة المعينة التي سبق تحديدها ، أي أنه لا يعمل لحظياً .

طريقة عمل المفتاح ثنائي المعدن :

يتكون المفتاح الثنائي المعدن من قطعتين رقيقتين من معدنين مختلفين لصقا معاً لصفاً تاماً . وعندما يتعرض المفتاح لدرجة حرارة مرتفعة فإن القطعتين المعدنيتين تتمددان في اتجاه معين تحت تأثير الحرارة وتنفصلان أمهما قرصاً لا مركزيًا . ويقوم القرص بقفل ملامسات دوائر الإشارة الكهربائية.



الشكل (٢١٠) أسام عمل المفتاح ثنائي المعدن

١ - نقطة اتوصيل

٢ - زنبرك صلب على شكل حرف U

٣ - رقائق ثنائية المعدن

٤ - قرص لا مركزي

٥ - ملاصقات

٦ - مفتاح ثنائي المعدن مضبوط بحيث يعمل

في المدى بين درجتى حرارة قصوى سبق تحديدهما.

ويوضح شكل (٢١٠) فكرة عمل المفتاح ثنائي المعدن ، الذى يمكن استخدامه فى نقل المعلومات الحرارية ، وإجراء ضبط درجات الحرارة بين 40°C ، 90°C .

(٥) مفاتيح التحكم فى الحرارة :

تعتبر مفاتيح التحكم فى الحرارة ، أحد الأجزاء الهامة فى أجهزة ومعدات التكييف ، وفى التلاجات والدفايات وغيرها . وتقوم هذه المفاتيح بتحويل المعلومات الخاصة بدرجة الحرارة إلى إشارات كهربائية للتحكم فى الأجهزة والمعدات الكهربائية التى تستخدم فى تشغيل التلاجات أو الدفايات . . . إلخ ، ومن أمثلة مفاتيح التحكم فى الحرارة :

(أ) الترموستات :

(ب) مفتاح بمعدن صهور .

(ج) المفتاح الفرق .

(أ) الترموستات :

يتكون الترموستات فى أبسط صوره من أسطوانة صغيرة الحجم مغطاة بإحكام بغشاء لين ، وتحتوى على سائل سهل التبخر .

فإذا ارتفعت درجة حرارة التلاجة أو جهاز التدفئة عن حد معين يبدأ السائل فى التمدد داخل الأسطوانة ويضغط على الغشاء اللين الذى يدفع أمامه ملاصقات مفتاح التلامس . ويؤدى ذلك إما إلى خلق الملاصقات الخاصة بدائرة محرك التلاجة لتشغيلها ، أو يؤدى إلى فتح ملاصقات المقاومات الحرارية فيفصل التيار عنها . وعندما تقل درجة الحرارة ينخفض الضغط داخل الأسطوانة ويعود الغشاء اللين إلى مكانه الأصل ، وبذلك تعود دوائر التحكم إلى حالتها الأصلية .

(ب) مفتاح بمعدن صهور :

تتكون هذه المفاتيح من شرائح معدنية ملحومة معاً من أحد أطرافها بمعدن قابل للانصهار عند درجة حرارة معينة . وهذه الشرائح المعدنية وقعة تحت ضغط ميكانيكي مثل ضغط ياي مثلاً وعندما ترتفع درجة الحرارة إلى الدرجة التي ينصهر عنده المعدن الذي يحم هذه الشرائح ، فإن الياي يدفع هذه الشرائح في اتجاهات معينة لتقوم بخلق دوائر التحكم الكهربائية لتشغيل أو إيقاف الأجهزة أو المعدات الكهربائية المستخدمة في الأفران والدفايات . . . إلخ ، أى أن هذه المفاتيح تترجم درجة الحرارة إلى معلومات أو إشارات كهربائية ، أى تعمل كمحول للطاقة وبين الشكل (٢١١) كيفية عمل أحد هذه المفاتيح .

(ج) المفتاح الكهربائي الفرق :

تتميز هذه المفاتيح بأنها لا تتأثر بالارتفاع التدريجي لدرجة الحرارة المحيطة ، فهي حساسة فقط للارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة .

ويوضح شكل (٢١٢) فكرة المفتاح الكهربائي الفرق . ويتكون عدة من أنبوبة زجاجية على شكل حرف (U) ، تحتوي على زيتق وإيثانول . وتمتاز هذه الأنابيب بأن جدار أحد أذرعها أكبر سمكاً من جدار الذراع الأخرى . فإذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بصورة فجائية (بمعدل سريع) فإن الإيثانول الموجود في الذراع ذات الجدار الرقيق يتبخر قبل أن يتمدد الإيثانول الموجود في الجدار السميك ، ويضغط على الزيتق ، الذي يدفع إلى ذراع الأنبوبة السميكة ويبعد تماماً عن الملامسات ، ويؤدي ذلك إلى فتح الدائرة الكهربائية . أما إذا ارتفعت درجة الحرارة المحيطة بالمفتاح بصورة تدريجية فإن الإيثانول الموجود في كلا الذراعين يتبخر بنفس النسبة مما يؤدي إلى وجود توازن في الضغط الواقع على الزيتق في الذراعين ، فيبقى الزيتق في مكانه موصلاً بين الملامسات . لذلك يستخدم المفتاح الكهربائي الفرق لفتح الدوائر الكهربائية عند حدوث ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة ، كـ في حالة أجهزة الوقاية أو الإنذار ضد الحرائق .

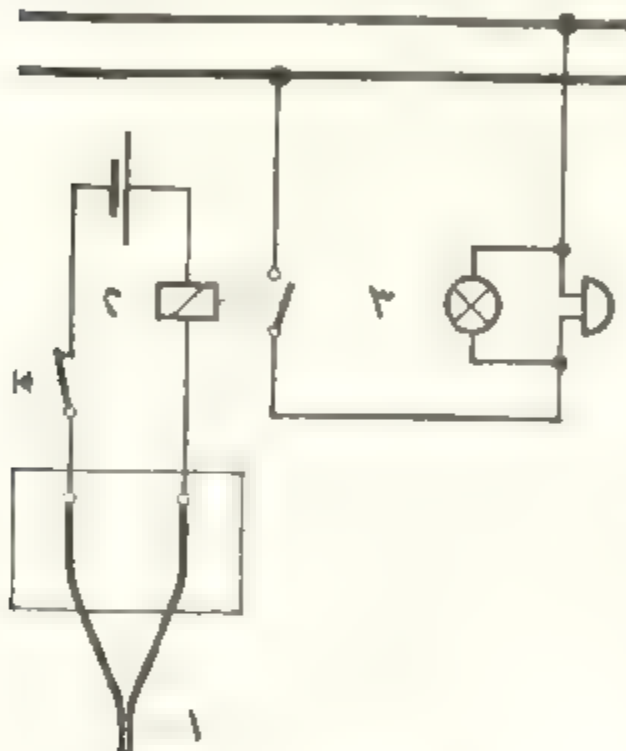
ثالثاً : أجهزة تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية :

تنبئ فكرة تصميم هذه الأجهزة على أن الطاقة الضوئية يمكنها التأثير على بعض المواد ، وبالأخص الفلزات القلوية كالكالسيوم والستاسيوم . فإذا تعرضت هذه المواد للضوء (وخاصة الضوء قصير الموجة) تنبعث منها إلكترونات أو شحنات كهربائية وتسمى هذه الظاهرة « الانبعاث الكهروضوئي » . وتنقسم المواد المستخدمة في أجهزة تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية إلى نوعين :

(١) مواد يؤدي سقوط الضوء عليها إلى نبعث الإلكترونات (اشحنات الكهربائية) للخارج ، مثل الفلزات والأجسام الصلبة كالصوديوم والكالسيوم . . . إلخ ويطلق

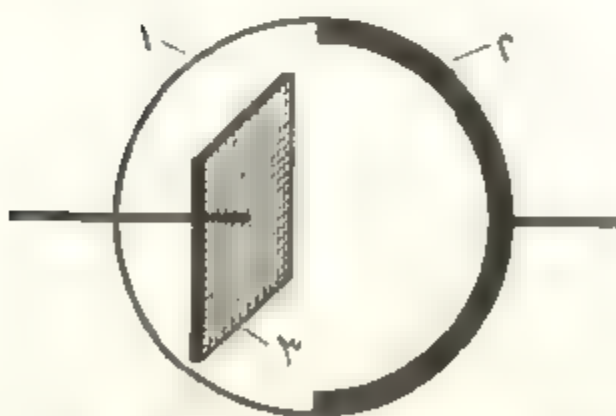
على هذه الظاهرة « الانبعاث الكهروضوئي اخرجى » ويمكن استخدام هذه الإلكترونات في تشغيل دوائر التحكم الكهربائية . ومن أكثر محولات الطاقة انتشاراً والتي تستخدم فيها هذه الظاهرة « الخلية الضوئية » .

(ب) مواد - مثل أشباه الموصلات لا يبعث منها إلكترونات للخارج عند تعرضها للضوء ، وإنما يؤدي سقوط الضوء عليها إلى تغيير حركة الإلكترونات فيها داخلياً مما يقلل المقاومة الداخلية لهذه المواد وخاصة في اتجاه معين . ومن أمثلة هذه المواد كبريتيد الكاديوم ، وكبريتيد الرصاص ويطلق على هذه الظاهرة « الانبعاث الكهروضوئي الداخلي » ومن أكثر محولات الطاقة انتشاراً والتي تستخدم فيها هذه الظاهرة « المقاومات الضوئية أو العناصر الكهروضوئية »



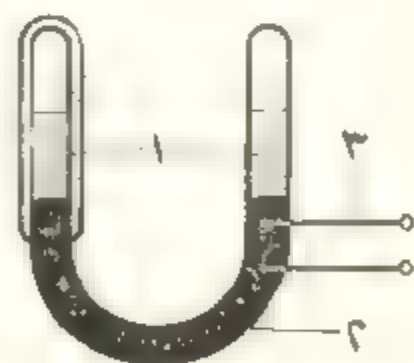
الشكل (٢١١) أساس عمل المفتاح

- ١ - مفتاح مصنوع من معدن قابل للانصهار
- ٢ - دائرة مغلقة بواسطة مرحل
- ٣ - دائرة إنذار بجرس ومصباح بيان



الشكل (٢١٣) أساس عمل الخلية الكهروضوئية

- ١ - النوع الزجاجي
- ٢ - الأنود
- ٣ - الكاثود



الشكل (٢١٢) أساس عمل المفتاح الفرق

- ١ - إيثانول
- ٢ - زئبق
- ٣ - الملامسات

(٦) الخلية الكهرضوئية (الانبعاث الكهرضوئي الخارجي) :

يبين شكل (٢١٣) لفكرة التي ينشأ عليها تصميم الخلية الكهرضوئية . وتتكون الخلية من كاثود وأنود موضوعين داخل انتفاخ زجاجي مفرغ ، فيها الكاثود عبارة عن سطح معدني مغطى من الداخل بطبقة من معدن قلوي حساس للضوء ، مثل الصوديوم أو البوتاسيوم . وأما الأنود فعبارة عن لوح معدني مثبت أمام السطح الحساس ، بحيث يلتقط أكبر عدد من الإلكترونات المنبعثة من الكاثود .

طريقة عمل الخلية الضوئية :

عند توصيل الخلية لكهرضوئية في دائرة كهربائية ويوصل معها على التوالي مقياس حساس لقياس شدة التيار ، يلاحظ مرور تيار إلكترونات (تيار ضعيف) فقط في الفترة التي تتعرض فيها الخلية للضوء . ويتوقف مقدار التيار المار على شدة الإشعاع الساقط على الخلية . ويمكن استخدام الخلايا الضوئية من هذا النوع في فتح أو علق الأبواب بطرق آلية كلما سقط الضوء على الخلية ، أو كلما قطع عنها ، كما تستخدم في حماية الخزائن والنوك من السرقة عليها ، حيث تقوم بتحويل المعلومات الخاصة بانقطاع الضوء إلى إشارات كهربائية تستخدم في تشغيل أجهزة الإنذار . كذلك فإنها تستخدم في أجهزة الرؤية والأفلام الحقة

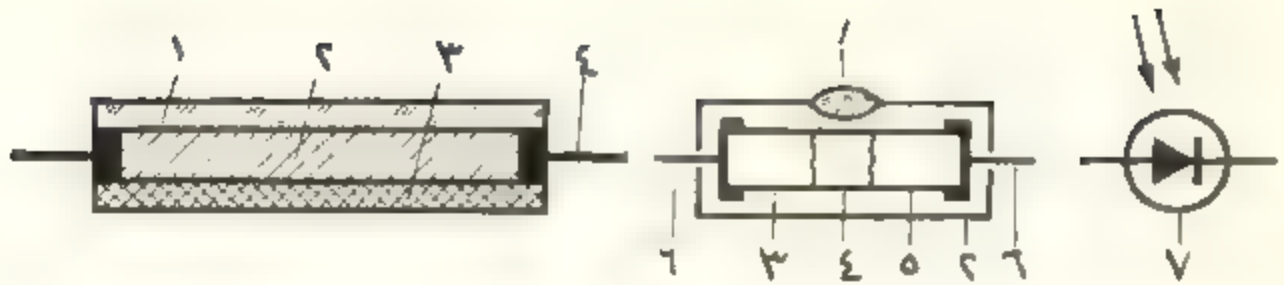
(٧) العناصر الكهرضوئية (الانبعاث الكهرضوئي الداخلي) :

يبين شكل (٢١٤) الفكرة التي ينشأ عليها العنصر الكهرضوئي باستخدام المواد شبه الموصلة الناتجة من تآلف السيليوم كادميوم . وتستخدم هذه العناصر في أجهزة قياس وتنظيم شدة الإضاءة . وقد أدى استخدام مركبات السيليكون إلى تطوير وتعميم هذه الفكرة ، بحيث أمكن استخدام العنصر الكهرضوئي السيليكوني كمصدر لتيار الضعيف المستخدم في الأقمار الصناعية ، وفي التسجيل الضوئي للصوت على الأفلام .

وتستخدم ظاهرة الانبعاث الكهرضوئي الداخلي للمواد شبه الموصلة في الأمن الصناعي ، وذلك لقياس كمية الموجات فوق البنفسجية المنتشرة في الجو ، كما تستخدم في أجهزة فرز وعد النقود .

وتعتمد طريقة تشغيل العناصر الكهرضوئية على اختيار مواد معينة تتميز بمقاومتها النوعية عند تعرضها للضوء . حيث تتحرك الإلكترونات داخل هذه المواد في اتجاه معين نتيجة للتأثير الكهرضوئي الداخلي .

ويبين شكل (٢١٥) كيفية مرور التيار في طبقة من مادة كبريتيد الكادميوم أو كبريتيد الرصاص عند تعرضها للضوء . وحيث أن مقاومتها النوعية تتغير تبعاً لشدة الإضاءة الساقطة عليها ، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة شدة التيار المار بالدائرة لموصل بها هذه المواد . أي تتناسب شدة التيار المار بها تناسباً طردياً مع شدة الإضاءة الساقطة عليها . وبذلك يمكن تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية يمكن قياسها . لذلك تستخدم هذه المواد أساساً في قياس الشدة الضوئية .



الشكل (٢١٥) شكل تخطيطي لمقاومة حساسة للضوء

- ١ - غلاف شفاف
- ٢ - طبقة من كبريتيد الكاديوم
- ٣ - الجسم الموصل (حامل الشحنات)
- ٤ - نهايات التوصيل .

الشكل (٢١٤) أساس عمل العنصر الكهروضوئي

- ١ - عدسات محدبة
- ٢ - غلاف واق
- ٣ - بلورات طراز (P) الموجبة التوصيل
- ٤ - الطبقة الحاجزة (الطبقة الفاصلة بين نوعي البلورين)
- ٥ - بلورات طراز (N) السالبة التوصيل
- ٦ - نهايات التوصيل
- ٧ - رمز تخطيطي .

(٨) الصمامات المستخدمة في نقل الصور (الإرسال التليفزيوني) :

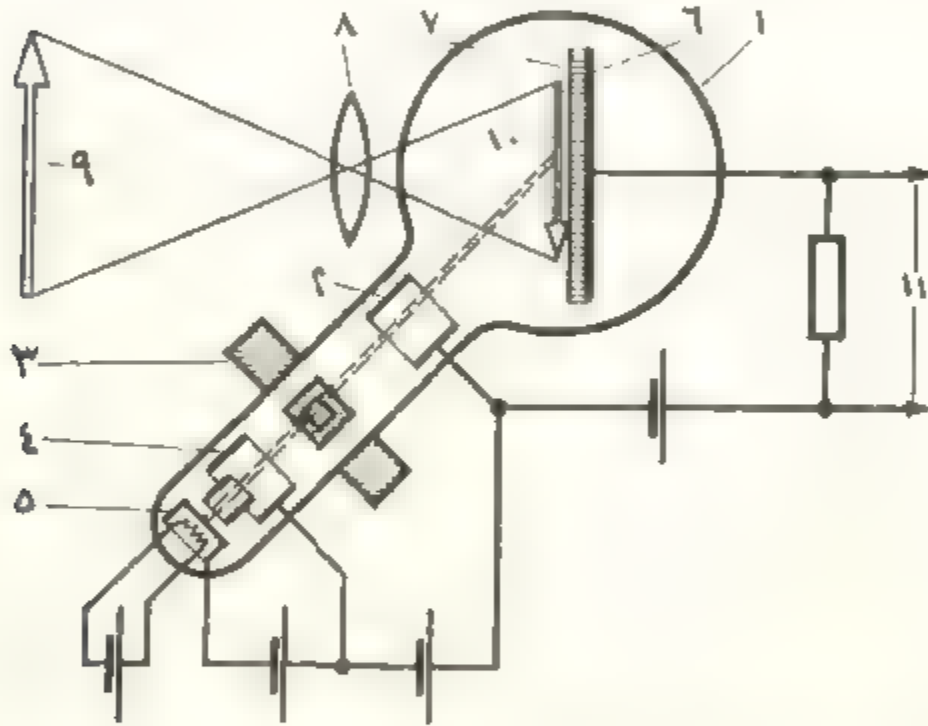
يمكن استخدام أنابيب الأشعة الكاثودية في عملية تحويل المعلومات الضوئية إلى إشارات كهربائية ، كما يمكن استخدامها في تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات ضوئية . وقد أدخل على أنابيب الأشعة الكاثودية الكثير من التحسينات ، بحيث أمكن استخدامها في عملية الإرسال والاستقبال التليفزيوني . وأهم أنابيب الأشعة الكاثودية هو الإيكونوسكوب .

ويبين شكل (٢١٦) رسماً تخطيطياً للفكرة التي يبنى عليها تصميم الإيكونوسكوب .

طريقة عمل الإيكونوسكوب :

يوضع الجسم المراد نقل صورته (٩) خارج أنبوبة الإيكونوسكوب ، وتوضع بين الجسم والأنبوبة عدسات (٨) ذات كفاءة عالية ، وعند تسليط الضوء على الجسم تقوم العدسات بإسقاط صورة ضوئية مطابقة تماماً للجسم في داخل الأنبوبة على الشاشة (٦) الموجودة داخل أنبوبة الإيكونوسكوب (١) . وتسمى الشاشة في بعض الأحيان « حاجز الموزايك » . وهذه الشاشة عبارة عن مكشف يتكون من لوح من الميكا يلاصق سطحه الخلفي لوحاً معدنياً لامعاً ويوجد على سطحه الأمامي ملايين من الخلايا الضوئية الدقيقة ، التي تتكون من حبيبات السيزيوم . وكل خلية منها معزولة عن الخلايا التي تجاورها تماماً ، وتكون في الوقت نفسه مع اللوح المعدني الخلفي

مكثفاً صغيراً . وعند سقوط صورة الجسم من خلال العدسات على الشاشة ينبعث من كل خلية من هذه الخلايا العديدة عدد من الإلكترونات ، يتوقف على شدة الضوء الساقط عليها (تبعاً لتدرج الضوء من الأسود إلى الأبيض) . وتمر هذه الإلكترونات إلى الأنود (٢) . وبذلك يكتسب كل مكثف من ملايين المكثفات الصغيرة شحنة كهربائية تختلف في شدتها تبعاً لشدة الإلكترونات المارة إليها . ثم يوجه إلى الشاشة شعاع إلكترونات (من مولد مصمم لهذا الغرض) . يخرج من الكاثود (٥) ويتم توجيه الشعاع الإلكتروني في اتجاه معين داخل الأنبوبة بواسطة صفات حارفة (٣) تعمل على توجيه الشعاع ، بحيث يمر على جميع الخلايا الموحدة في الصف الأفقي للشاشة ، الواحدة تلو الأخرى ، ثم يعود إلى الصف الذي يليه ، وهكذا صفّاً وراء صف وبسرعة كبيرة حتى تملأ الشاشة كلها .



الشكل (٢١٦) التصميم الأساسي للإيكونوسكوب

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ١ - وعاء | ٧ - حاجز الموزايك (أكسيد السيزيوم) |
| ٢ - الأنود | ٨ - عدسات |
| ٣ - ملفات حارفة (ملفات كامحة) | ٩ - الجسم المراد رؤيته |
| ٤ - عدسات إلكترونية | ١٠ - صورة الجسم |
| ٥ - الكاثود | ١١ - إلى وسائل التضخيم |
| ٦ - الشاشة | |

وبمجرد مرور الشعاع السالب الشحنة على هذه الخلايا التي أصبحت مكثفات مشحونة فإنه يقوم بتفريغها لواحدة عد الأخرى وينتج عن تفريغ الشحنة في كل مكثف من هذه المكثفات تيار يتناسب في شدته مع تيار الشحن وتأخذ تيارات التفريغ هذه طريقها إلى الجزء المعدني للامع الموجود في الشاشة ومنه إلى صمامات التضخيم ، ثم تحمل هذه التيارات موجات ذات تردد عال لإرسالها إلى أجهزة الاستقبال .

رابعاً : أجهزة تحويل المعلومات الصوتية إلى إشارات كهربائية :
يبنى تصميم هذه الأجهزة على تأثير موجات لصوت على نظام كهربائي قادر على تحويل موجات الصوت هذه إلى إشارات كهربائية ، ومن أمثلتها الميكروفونات :

(٩) الميكروفونات :

هناك الكثير من أنواع الميكروفونات المستخدمة في تحويل الأصوات إلى إشارات كهربائية أهمها :

(١) ميكروفون التلامس الكربوني :

يتميز الميكروفون الكربوني بممتانة تصميمه ، ويستخدم في أجهزة اتليفونات لائق . ويعاب عليه انخفاض كفاءته في تحويل المعلومات إلى إشارات . ويظهر شكل (٢١٧) مقطعاً للميكروفون الكربوني وطريقة عمله .

طريقة عمله :

عند ترتطم الموجات الصوتية بالفتاء (١) فإن حبيبات الكربون (٢) تنضغط انضغاطاً يتناسب في زيادته أو انخفاضه مع هذه الموجات . وبذلك تتغير المقاومة النوعية لحبيبات الكربون تبعاً لشدة الموجة الصوتية فإذا وصل مثل هذا الميكروفون بدائرة كهربائية ، فإنه يمتد في هذه الحالة مقاومة متغيرة تؤدي إلى تغير شدة التيار المار في الدائرة تبعاً لزيادة أو قلة الضغط على حبيبات الكربون وعلى ذلك ، فإن الميكروفون يقوم بتحويل المعلومات الصوتية إلى تيارات كهربائية تتناسب مع شدة الموجة الصوتية .

(٢) الميكروفون المكثف :

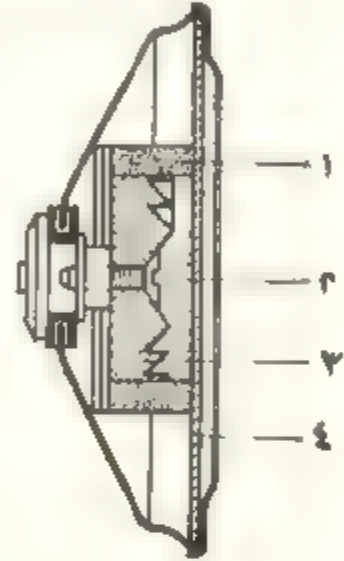
يتركب الميكروفون المكثف أساساً من مكثف ذي سعة متغيرة ، فيسببها حوالي ١٠٠ ميكروفاراد ومن لوحين رقيقين من المعدن بينهما عازل . ويكون اللوح الخلفي ثابتاً ، بينما يترك اللوح الأمامي القابل للاهتزاز حر الحركة . وعندما ترتطم الموجات الصوتية باللوح القابل للحركة فإنها تؤدي إلى تغير سعة المكثف تبعاً لشدة إيقاع هذه الموجات الصوتية . فإذا وصل مثل هذا المكثف بدائرة كهربائية فإن شدة التيار المار تتغير بتغير سعة المكثف ، أي بتغير شدة الموجة الصوتية .

(٣) الميكروفون الكهردينامي :

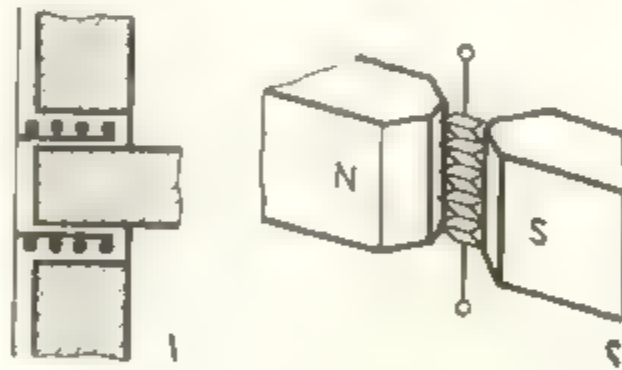
لا تختلف هذه الميكروفونات في تصميماتها عن الميكروفونات العادية ، غير أنها تمتاز بكفاءة عالية نظراً لتولد طاقة كهربائية فيها بلحث المغنطيسي تتناسب مع شدة الصوت . ويوضح شكل (٢١٨) تصميمين لطرازين من الميكروفونات الكهردينامية ، وهي من أكثر الطرز أهمية في هذا المجال .

(أ) الميكروفون ذو الملف المتحرك .

(ب) الميكروفون ذو الملف الشريطي .



الشكل (٢١٧) رسم تخطيطي لمقطع في ميكروفون التلامس الكربوني
١ - حلقة من الباد
٢ - أقطاب من الكربون
٣ - غشاء كربوني
٤ - حبيبات الكربون



الشكل (٢١٨) الميكروفون الكهروديناميكي

١ - الميكروفون ذو الملف المتحرك

تؤدي الموجات الصوتية إلى اهتزاز الملف المتحرك ، أي إلى دخوله ومخرجه في الشفرة الهوائية ، لمغنطيس دائم ، فيؤدي ذلك إلى تولد قوة دافعة كهربائية متماثلة تماماً مع إيقاع الموجات الصوتية .

٢ - الميكروفون الشريطي

تقوم الموجات الصوتية بتحريك غشاء رقيق من الألومنيوم على شكل شريط موضوع بين أقطاب المغنطيس الدائم فتتولد في الشريط قوة دافعة كهربائية متماثلة تماماً مع إيقاع الموجات الصوتية .

الباب الثانى

أجهزة تحويل الاشارات الكهربائية الى معلومات صوتية أو ضوئية

فيما يلى وصف لمجموعة من الأجهزة التى تقوم باستقبال الإشارات الكهربائية لتحويلها إلى معلومات صوتية أو ضوئية .

أولا : أجهزة تحويل الإشارات إلى معلومات صوتية :

هناك الكثير من الأجهزة المستخدمة فى تحويل الإشارات الكهربائية إلى أصوات مسموعة ، وأهمها الأجراس والأبواق وسماعات الرأس ، ومكبرات الصوت .

(١٠) الأجراس والأبواق :

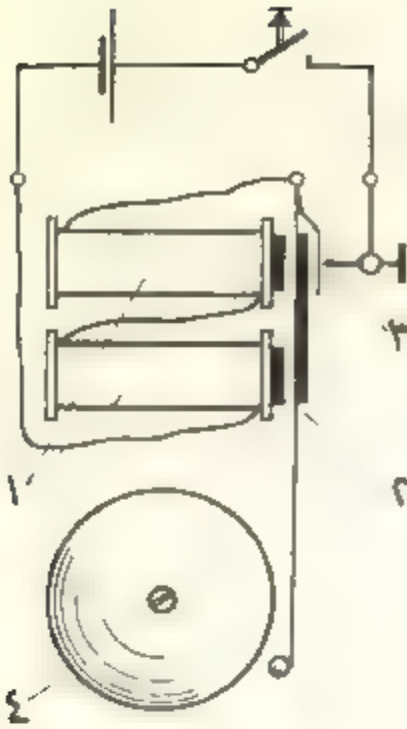
(أ) الأجراس الزنانية (الجرس الرعاش) :

عندما تقفل دائرة الأجراس الكهربائية بواسطة الإشارات الكهربائية الصادرة من أجهزة تحويل المعلومات إلى إشارات (مصاتيح اتلاص مثلا) ، فإن ذلك يؤدي إلى مرور التيار الكهربائى فى ملف الجرس المين فى شكل (٢١٩) فيتسقط القلب الحديدى للمنطيس الكهربائى . ويجذب إليه قطعة حديدية مثبت بها لسان الجرس الذى يدق على الطارة الزنانية . وفى لحظة الجذب ينقطع دخول التيار إلى ملفات المنطيس الكهربائى ، وذلك نتيجة لفتح الملامس الموجود عند نهاية لسان الجرس للدائرة الكهربائية ، وبعد انقطاع التيار يفقد المنطيس الكهربائى شدته ، وفى هذه الحالة يتمكن الياى الذى يمسك القطعة الحديدية المتحركة من إرجاع اللسان إلى مكانه فيعلق دائرة الملفات مرة ثانية ، وعندئذ يمر التيار فيجذب المنطيس الكهربائى اللسان الذى يدق على الطارة الزنانية ، وهكذا . وتوجد أنواع مختلفة من مجموعة الأجراس مثل الجرس أحادى الشوط ، جرس بدائرة توازى ، إلخ . ويعتبر الجرس الرعاش من أهم الأجراس المستخدمة حاليا .

(ب) الأجراس المكتومة (الأجراس الزنانية) :

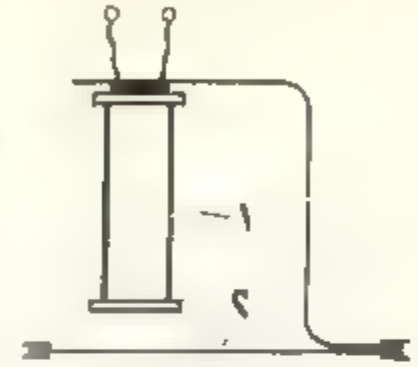
تتميز هذه الأجراس بأن صوتها منخفض ومقبول . ويتكون الجرس من منطيس كهربائى يوضع أمامه لوحة معدنية زنانية رجوعية مثبتة من أحد أطرافه بياى ، وتهتز اللوحة عند مرور تيار كهربائى متردد فى ملفات المنطيس الكهربائى . ويتناسب اهتزاز اللوحة المعدنية الزنانية فى هذه الحالة مع تردد التيار المار فى ملفات المنطيس الكهربائى .

الشكل (٢١٩) فكرة عمل الجرس المنقطع (الجرس الزمان)



- ١ - مغنطيس كهربائي
- ٢ - لسان الجرس .
- ٣ - ملاصق لقطع وتوصيل التيار
- ٤ - طاسة الجرس

الشكل (٢٢٠) فكرة عمل الجرس الزمان المكتوم



- ١ - مغنطيس كهربائي
- ٢ - لوحة زمانة يصدر عنها الصوت.

ويبين شكل (٢٢٠) أحد هذه الأجراس .

(ج) الجرس الزمان ذو المطرقة :

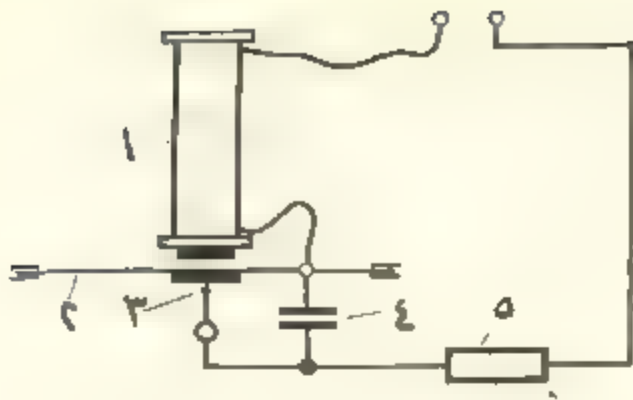
نستخدم هذه الأجراس كوسيلة من وسائل لتنبيه التي تصدر أصواتا ذات شدة عالية . وينشئ عمل هذه الأجراس على نفس المكرة التي تعمل بها الأجراس لزمانة . إلا أنه يستبدل باللوحة المعدنية طاسة نحسية كبيرة تصدر صوتا دافقا عندما يسقط عليها لسان الجرس ، الذي يحمل في نهايته كرة على هيئة مطرقة . وهذا اللسان مثبت بالمغناطيس الكهربائي ويهتز معه .

(د) البوق :

توجد أبواق تعمل على التيار المستمر ، وأخرى تعمل على التيار المتردد. وتنشئ فكرة عمل أبواق التيار المتردد على نفس المكرة التي تعمل بها الأجراس الزمانة المكتومة ، إلا أنه يستبدل باللوحة المهتزة الموجودة في الأجراس الزمانة عشاء يوضع أمام المغنطيس الكهربائي ، ويتم ضغط نعمته ليصدر الصوت المرغوب ، أما أبواق التيار المستمر فينبئ تصميمها على مبدأ تصميم الجرس المنقطع ، كما هو مبين في شكل (٢٢١) .

(هـ) الصفاة :

يتم تشغيل هذه الصفاة بواسطة محرك كهربائي ، يدير أسطوانة تدفع الهواء داخل حجرة بها ثقوب مرتبة بطريقة معينة . وينشأ عن دوران الأسطوانة انضغاط الهواء وتحدده بالحجرة ، وينتج عن ذلك صوت الصفاة المعروف . وبذلك تتحول الإشارة الكهربائية إلى صوت مسموع .

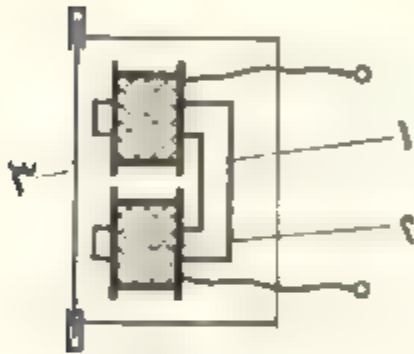


الشكل (٢٢١) كيفية عمل البوق بتيار مستمر

- ١ - مغنطيس كهربائي
- ٢ - غشاء مثبت بإحكام على طول محيطه .
- ٣ - قاطع
- ٤ - مكثف واق لمنع حدوث الشرارة
- ٥ - مقاومة لتخفيض تيار بدء التشغيل



الشكل (٢٢٢) نموذج يبين شكل التيار الناتج من الموجات الصوتية .



الشكل (٢٢٣) كيفية عمل سماعة الرأس

- ١ - مغنطيس دائم على شكل حلقة الحصان .
- ٢ - ملفات
- ٣ - غشاء مثبت قابل للاهتزاز

(١١) - سماعة الرأس :

تستخدم هذه السماعات بكثرة ، سواء على هيئة سماعة أذن أحادية ضمن المجموعة اليدوية الخاصة بأجهزة التليفونات ، أو على هيئة سماعة روحية تلمس على لرأس . كما في الستراتالات وفي مكاتب الخدمة البرقية .

ويبين شكل (٢٢٣) طريقة عمل سماعات الرأس ، وتتركب من مغنطيس كهربائي مكون من عدد كبير من الملفات يوحد مداحها قطب حديدي واحد (مغنطيس كهربائي واحد انقطب) أو عدة أقطاب (مغنطيس كهربائي متصاعف انقطب) (١) . ويوضع أمام المغنطيس لكهربائي غشاء رقيق (٣) وعندما يمر بالملفات التيار المتغير اساتج من الميكروفون الذي سبق شرحه ولدى تختلف شدته تبعاً لاختلاف شدة الصوت في الميكروفون وبشدة المجال المغنطيسي الناتج تتغير تبعاً لتغير التيار ، وبالتالي فإن اهتزاز الغشاء الرقيق يتغير تبعاً لشدة المجال فيصدر منه صوت يحكي الصوت الناتج عن الميكروفون . وبذلك يتم تحويل الاهتزازات الكهربائية إلى ذبذبات صوتية ، شكل (٢٢٢) .

(١٢) مكبرات الصوت :

يعتبر مكبر الصوت تصميمًا محمى للبراءات ، حيث إنه يعيد إصدار لصوت بعد تكبير (لذلك فإنه يحتاج عادة إلى مصدر قدرة خارجية لتكبير الصوت) وتوجد عدة أنواع من مكبرات الصوت ، منها :

(أ) المكبرات ذات الحديد المتحركة .

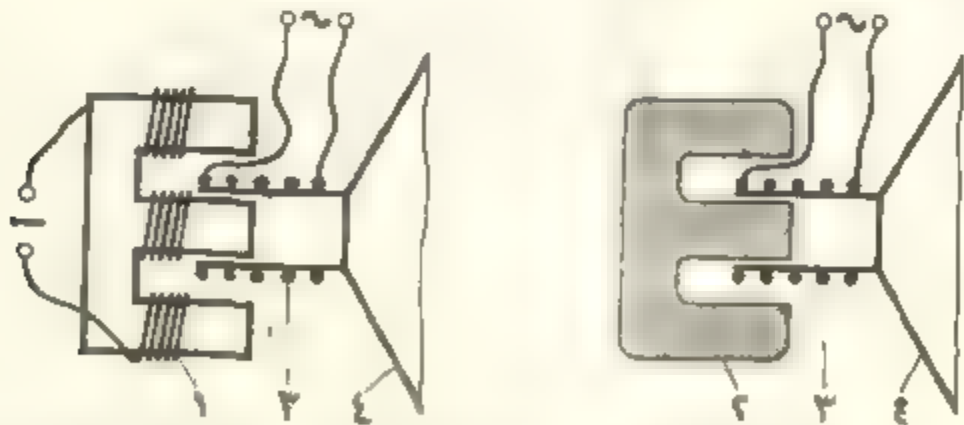
(ب) المكبرات الدينامية .

(ج) المكبرات الكهرودينامية .

وقد بطل استخدام المكبرات ذات الحديد المتحركة حاليًا ، وتستخدم بدلا منها المكبرات الدينامية أو المكبرات الكهرودينامية . والفرق بين المكونين الأخيرين يتلخص في استخدام مغناطيس دائم في المكبرات الدينامية لإنتاج مجال مغناطيسي ثابت ذي شدة عالية ، كي يساعد المجال المغناطيسي المتغير الناتج من الصوت ، مما يؤدي إلى وجود مجالات مغناطيسية متغيرة قوية تعمل على اهتزاز ملفات الصوت داخل الثمرة الهوائية وتلصق ملفات الصوت من الخارج بغشاء رقيق على هيئة مخروط ، وعندما يمر التيار ذو التردد الصوتي في الملفات فإنه يؤدي إلى اهتزاز ملفات الصوت وبالتالي إلى اهتزاز الغشاء المخروطي الرقيق . فيصدر من الغشاء صوت مماثل للصوت المراد سماعه . وبذلك يتم تحويل الدبذبات الكهربائية إلى دبذبات صوتية ، انظر لشكل (٢٢٤) .

أما المكبرات الكهرودينامية فيستخدم فيها مغناطيس كهربائي بدلا من المغناطيس الدائم .

وأهم مميزات مكبرات الصوت الدقة في محاكاة جميع نغمات التي تصل إليها ، مع خلوص الصوت الناتج من التشويه .



الشكل (٢٢٤) كيفية عمل مكبرات الصوت الدينامية ومكبرات الصوت الكهرودينامية

٣ - ملف متحرك

٤ - غشاء مثبت قابل للاهتزاز

١ - مغناطيس كهربائي

٢ - مغناطيس دائم

وتعتبر المكبرات الدينامية والكهردينامية أنسب المكبرات المستخدمة في إذاعة الأصوات والموسيقى ذات الطبقة المنخفضة نسبيا . وقد أدخل تحسين على مكبرات الصوت باستخدام مكبر إضافي يعمل على أساس كهروستاتيكي ، أو عن طريق تأثير البلوري ، مما زاد من كفاءة المكبرات الكهردينامية الحديثة. حيث تؤدي الصقة الكهربية النحمة من الضغط على البلورات بواسطة موجات الصوت ، والتي يطلق عليها اسم « الطبقة الكهربية البيروستاتيكية » إلى زيادة التكبير بواسطة المكبر الكهردينامي وخاصة للأصوات ذات التردد المنخفض جدا .

ثانيا : أجهزة تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات صوتية :

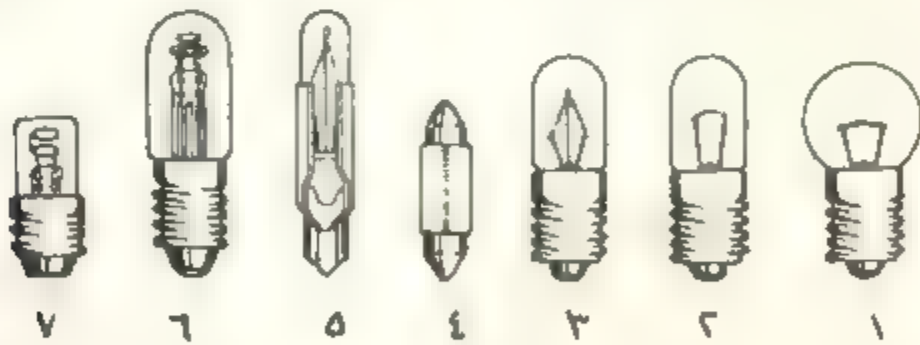
(١٣) مصابيح الإشارة ولوحات البيان :

(أ) مصابيح الإشارة (مصابيح البيان المتوهجة) :

يبين الشكل (٢٢٥) بعض أنواع مصابيح الإشارة الشائعة الاستعمال .

وتتركب مصابيح الإشارة المتوهجة من أنابيب مفرغة يبعث منها ضوء عنى بالأشعة الحمراء عندما يمر به التيار الضعيف الصادر من معاتيج التحكم أو من وسائل القطع والوصل السابق شرحها . وبذلك يتم تحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات صوتية .

وهذه المصابيح المصممة في الشكل تلائم الأماكن التي تتطلب خدمة صوتية مستمرة بقدرة استهلاك منخفضة .



الشكل (٢٢٥) مصابيح الإشارة (مصابيح البيان المتوهجة)

١ - مصباح متوهج يستخدم في أجهزة البيان

٢ ، ٣ - مصابيح بيان تستخدم أيضا في لوحات التوزيع

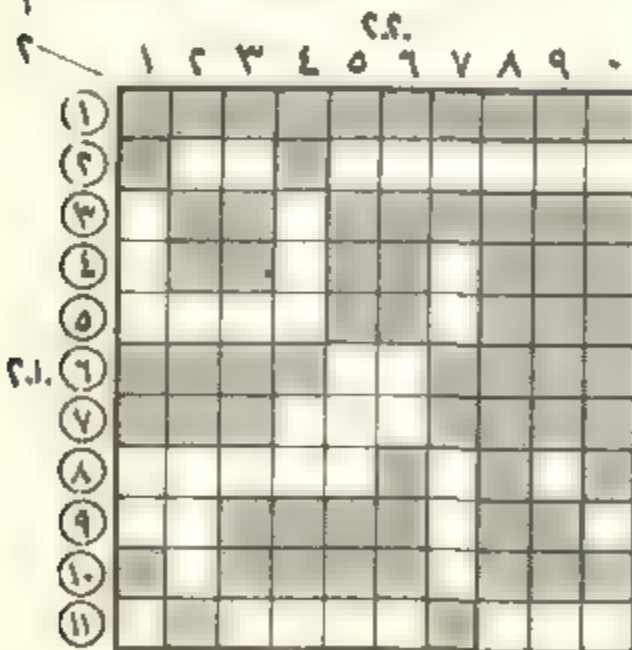
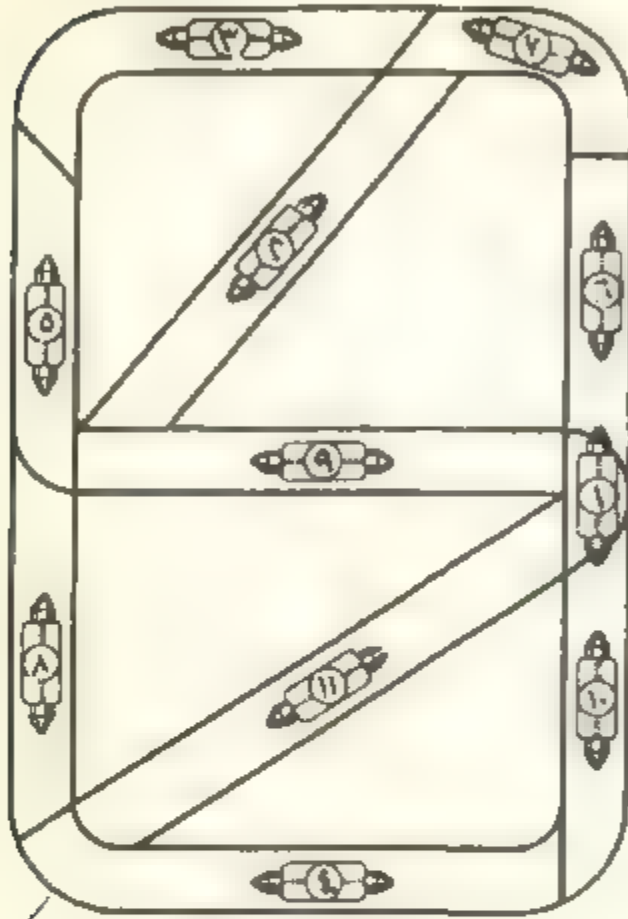
٤ - نفس المصابيح السابقة ولكن لها شكل أبوي

٥ - مصابيح مستخدمة في الإشارات التليفونية

٦ ، ٧ - مصابيح مفرقة متألقة تستخدم في الإشارة أو البيان

(ب) لوحة العدديّة المضيئة :

تستخدم اللوحة العدديّة المضيئة لتحويل الإشارات الكهربائيّة الصادرة إليها إلى معلومات مرئيّة . وتحتوي هذه اللوحة على أرقام معدنيّة مفرغة ومضاءة من الخلف ، وتوضع هذه الأرقام متجاورة وفي صفوف أفقيّة مترابطة فوق بعضها البعض . ويحتوي كل صف على الأرقام من صفر إلى ٩ . وبإستخدام لوحة مكونة من أربع حجرات ، كل حمرة فيها تشبه تلك المهيئة في شكل (٢٢٦) ، فإنه يمكن إظهار الأعداد من صفر حتى ٩٩٩٩ .



الشكل (٢٢٦) إحدى حجرات الإضاءة

للوحات عدديّة مضيئة .

١ - حمرة إضاءة

٢ - لوحة عدديّة مضيئة

٣ | ١ - مصابيح أنبوبيّة

٢ ٢ - الأرقام العدديّة

ويم تشغيل مثل هذه اللوحة بواسطة مجموعة من المفاتيح مكونة من ١١ مفتاحاً، يستخدم أحدها في إلفه مجموعة الأرقام ، وترتبط هذه المفاتيح بعضها ببعض ، بحيث يتم تشغيل رقم واحد فقط ، ولا يمكن تشغيل مجموعة من الأرقام في نفس الوقت. ويجب أن يقوم مفتاح الإلفاء بعمله قبل تشغيل أى رقم آخر. وفي هذه اللوحة يمكن مثلاً تمثيل الرقم صفر عندما تعمل جميع المصابيح وفي عدد المصابيح ٢ ، ٩ ، ١١ . وتعتبر هذه اللوحة محول طاقة يستخدم في تحويل الإشارات الكهربائية إلى أرقام مرئية .

(ج) لوحات البيان المعلقة :

تستعمل لوحات البيان المعلقة في هندسة التليفونات والسرالات لتحويل الإشارات لكهربائية إلى معلومات مرئية نتيجة لحركة قرص ملون . وتتركب اللوحة المعلقة من عضو دوار موضوع في مجال كهرومغناطيسي مثبت من أحد طرفيه بياى حلزوني لإعادته إلى وضعه الأصلي . وتلتصق على اللوحة الأمامى للعضو الدوار لوحة بيان بيضاء اللون . وعند غلق الدائرة الكهربائية بواسطة تيار الإشارة يتولد المجال لكهرومغناطيسي الذي يؤدي إلى تحريك العضو الدوار بدلت خلال $\frac{1}{8}$ لفة ، فتظهر لوحة البيان البيضاء في النافذة المخصصة لها . ولإظهار اللوحة البيضاء بوضوح في مكانها تدهن النوافذ أو الفتحات من الخارج باللون الأسود . ويدل وجود هذه اللوحة في النافذة على وجود نوع معين من أنواع المعلومات مثل انشغال الخط التليفوني الذي تدل عليه هذه اللوحة ، أو وجود عطل، أو غير ذلك من المعلومات الخاصة بآثر كيبات التليفونية . ومن مميزات لوحات البيان المعلقة التي تحول الإشارات إلى معلومات أنها لا تحتاج إلى القدرة ضئيلة لتشغيلها .

وعندما ينتهى السبب الذي من أجله تحرك العضو الدوار ، فإنه يعود إلى وضعه الأصلي تلقائياً بواسطة الياى الحلزوني ، وتعود اللوحة إلى مكانها .

(د) لوحات البيان الساقطة :

لا تختلف لوحات البيان الساقطة اختلافاً جوهرياً في طريقة عملها عن لوحات البيان المعلقة، لذلك تسمى أحياناً المعلقة الساقطة والاختلاف الأساسي بينها هو أن لوحات البيان الساقطة لا ترجع إلى مكانها الأصلي تلقائياً بعد انتهاء السبب الذي من أجله سقطت لوحة البيان . ولذلك تستعمل هذه اللوحات حيث ينزم بقاء اللوحة في مكانها . ومعاد اللوحة إلى مكانها الأصلي عادة بالطرق اليدوية . ولذلك تسمى أحياناً لوحات تخزين المعلومات .

وتتكون اللوحة الساقطة كما في شكل (٢٢٧) من قرص غير مغناطيسي يحمل رقماً أو حرفاً يدل على نوع معين من أنواع المعلومات (مثل المحول ، لا يعمل ، أو الحجرة رقم ٤ مشغولة) . ويثبت القرص بعضو دوار بواسطة ذراع . ويوضع العضو الدوار في مجال مغناطيسي كهربائي .

ويدور العضو الدوار إلى أسفل ، فتسقط لوحة البيان بمجرد مرور الإشارة الكهربائية في ملفات المغنطيس الكهربائي .

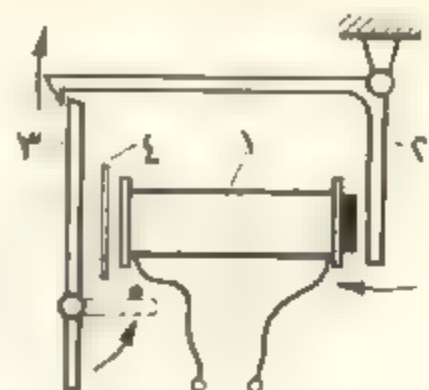
الشكل (٢٢٧) فكرة عمل لوحات البيان الساقطة

١ - مغنطيس كهربائي

٢ - العضو الدوار

٣ - اللوحة الساقطة

٤ - لوحة مرقة



(١٤) الصمام ذو الشعاع الكاثودي :

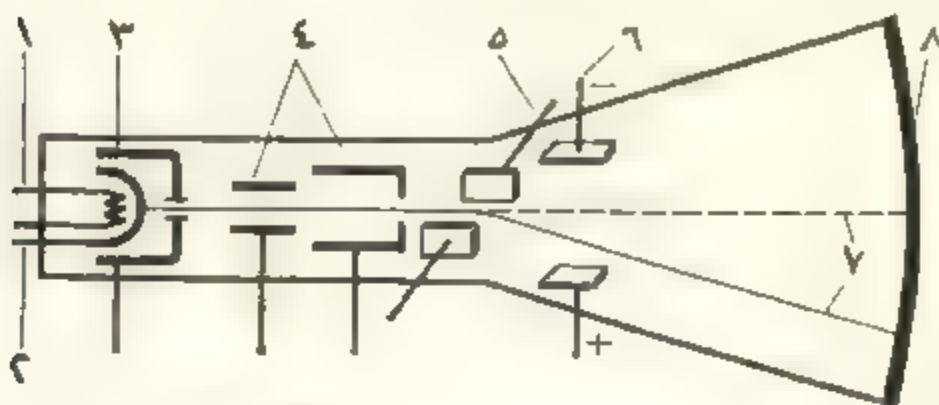
تستخدم هذه الصمامات في تحويل الإشارات الكهربائية إلى ضوء مرئي بألوان متعددة تظهر على شاشة فلورسنتية والصمامات من أهم الأجهزة المستخدمة في القياسات الكهربائية المختلفة وفي رسم الذبذبات الكهربائية بجميع أنواعها ، وتستخدم الصمامات أيضا في الرادار والرؤية من بعد (التليفزيون) لقدرتها الفائقة على رسم الصورة المتحركة

وتقسم صمامات الأنظمة الكاثودية تبعاً لاستعمالاتها إلى : صمامات قياس الذبذبة ، وصمامات التصوير ، ويعمل كل من الصمامين وفقاً لنفس الصكرة ، إلا أن لكل منهما أداء مميزاً يختلف عن الآخر .

وبين شكل (٢٢٨) فكرة صمام راسم الذبذبات ذي الشعاع الكاثودي . ويشتمل الصمام عادة على أنبوبة مفرغة على هيئة قمع ، توجد في نهايتها الواسعة شاشة فلورسنتية مغطاة بكبريتور الزنك وكبريتور الكاديوم . وترسم الصورة على الشاشة نتيجة لاصطدام الشعاع الإلكتروني بها . ويتولد الشعاع داخل الأنبوبة نتيجة لتسخين الكاثود المصنوع من أكسيد الباريوم . ويتم تركيز هذا الشعاع وتوجيهه على الشاشة حتى يرسم الصورة المطلوبة باستخدام أسطوانة أنودية مثقوبة توضع في مسار الشعاع الإلكتروني وتسمى « أسطوانة فنهيليت » .

وتعتبر قيمة الجهد المسلط على أسطوانة « فنهيليت » عاملاً حاسماً في درجة المعاد للصورة المتكونة على الشاشة الفلورسنتية ، حيث أنه يحدد سرعة إلكترونات الشعاع الكاثودي . ثم تتركز الإلكترونات مرة أخرى بواسطة أنبوبة بجهد سالب كما يوضع في مسار الشعاع لوحان أفقيين لهما مجال إلكتروستاتيكي يمكن بواسطته إحداث انحراف رأسي في الشعاع ، بحيث تتحرك الإلكترونات إلى أعلى أو إلى أسفل تبعاً لشكل الجهد المسلط عليهما . كذلك يوجد لوحان رأسيان لهما مجال إلكتروستاتيكي يمكن بواسطته إحداث انحراف أفقي للشعاع يمينا ويسارا بنفس الكيفية .

وقد تستدل بالألواح الأفقية والألواح الرأسية ملفات أفقية وملفات رأسية يمر بها تيار كهربائي لإحداث الانحراف بالطرق الكهرمغناطيسية. وتتوقف قيمة الانحراف عادة على قيمة جهد اللوحين أو الملفين. وفي حالة عدم وجود أى جهد على اللوحين، يظهر الشعاع على هيئة نقطة في مركز الشاشة الفلورسنتية.



الشكل (٢٢٨) أساس عمل الصمام ذى الشعاع الكاثودى

- | | |
|------------------------|--|
| ١ - فتيلة تسخين | ٥ - الألواح الرأسية المستخدمة في إحداث انحراف الشعاع أفقيا |
| ٢ - الكاثود | ٦ - الألواح الأفقية المستخدمة في إحداث انحراف الشعاع رأسيا |
| ٣ - أسطوانة فوهيلايت | ٧ - الشعاع الكاثودى (المدفع الإلكتروني) |
| ٤ - الأسطوانة الأنودية | ٨ - الشاشة الفلورسنتية |

ويستخدم هذا الصمام في قياس الموجة الجيبية لتيار المتردد. فإذا سلب التيار المتردد المراد معرفة شكله على اللوحين الأفقيين الذين يسببان الانحراف الرأسى، فإن الموجة تظهر على الشاشة على هيئة خط رأسى مستقيم، حيث أن البقعة الضوئية ستتحرك إلى أعلى وإلى أسفل فقط. لذلك يوصل اللوحان الرأسيان المذان يسببان الانحراف الأفقى بجهد يسمى الجهد الكاسح، ويكون لهذا الجهد عادة شكل سن انتشار، ليكسب البقعة الضوئية حركة أفقية إضافية منتظمة. وفي هذه الحالة تظهر صورة ذبذبة التيار المراد معرفة شكل موخته كحركة مستمرة بالنسبة للزمن. وللمحصل على صورة تكاد تكون ثابتة لهذه الذبذبات، تستخدم وسيلة إضافية لها جهد اكتساح سالب بالنسبة للكاثود. وتوضع هذه الوسيلة على اللوحين الرأسيين الذين يسببان الانحراف الأفقى. ويطلق عادة على نظام توليد الإلكترونات وإسراعها وتركيزها اسم المدفع الإلكتروني. وتوجد عدة أنواع وطرازات مختلفة للصمامات التى تعمل بالألواح الانحراف الكهرستاتيكي، أو بملفات الانحراف الكهرمغناطيسى المستخدمة كصمامات لشاشة التليزيون أو في أجهزة الرادار والتحكم في الطيران، ولتسجيل الظواهر وكيفية تغيرها بالنسبة للزمن.

الباب الثالث

تضخيم الإشارات الكهربائية

(١٥) عام :

من المعروف أن الطاقة الكهربائية للإشارات المستخدمة في هندسة الاتصالات ضعيفة جدا ، فمجهدها منخفض وتيارها متناه في الصغر . لذلك تستخدم المضخمات عادة في هذا المجال لتقوية الإشارات وإظهارها بوضوح . ويفضل في بعض الأحيان ، من وجهة النظر الاقتصادية ، تضخيم الإشارات عند نقطة الاستقبال ، بدلا من تضخيمها أثناء إرسالها .

ويستخدم في هندسة الاتصالات وسائل وأجهزة شتى لتضخيم الإشارات ، أهمها :

١ - المرحلات .

٢ - مضخم الإشارات ذات التردد العالي .

٣ - مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض .

وقبل التحدث عن المضخمات ، يفضل أن نتناول بالشرح بعض التعريفات المستخدمة في هذا المجال ، وأهمها كفاءة التضخيم أو معامل التكبير .

تعرف كفاءة التضخيم بأنها النسبة بين القدرة الداخلة للمضخم إلى القدرة الخارجة منه .

$$\text{كفاءة التضخيم} = \frac{\text{القدرة الداخلة}}{\text{القدرة الخارجة}} = \frac{P_d}{P_c}$$

(١٦) المرحلات :

شرحنا المرحلات وخصائصها في القسم الخاص بهندسة القوى وتستخدم المرحلات أيضا في هندسة الاتصالات كمضخمات بالإضافة إلى استخداماتها الأخرى .

وللمرحلات أهمية خاصة من حيث استخدامها كمضخمات في هندسة الاتصالات ، حيث أنها تقوم بفصل أو وصل التيارات ذات الشدة الكبيرة المستخدمة في هندسة القوى أو هندسة الاتصالات ، ومن مميزات أن القدرة اللازمة لتشغيل المرحلات صغيرة جدا . وتعرف كفاءة التضخيم في المرحلات بأنها النسبة بين مجموع قدرات الدوائر التي تعمل عليها مرحلة ما (مرحلة م) إلى القدرة اللازمة لتشغيل هذه المرحلة :

$$\text{كفاءة المرحلة} = \frac{\text{قدرة الفصل أو الوصل}}{\text{قدرة الإثارة (قدر تشغيل المرحلة)}}$$

ومن المعروف أن قدرة الدوائر التي تعمل عليها ملامسات المرحلة (المرحل) أي الدوائر التي تقوم بفتحها أو غلقها ، أكبر بكثير من القدرة الضميمة اللازمة لتشغيل ملامسات المرحلة لوصل وقطع التيار المار في هذه الدوائر .

قدرة تشغيل المرحلة (وتسمى قدرة الإثارة) :

من المعروف أن قدرة تشغيل المرحلة تساوي حاصل ضرب جهد الإثارة (ج م) في تيار الإثارة (ت م) .

ويعتمد مقدار قدرة الفصل والوصل على أبعاد الملامسات ، والخطاة التي تصنع منها الملامسات ، وتصميمها ، وطريقة عملها .

والمثال التالي يبين كيفية حساب كفاءة التضخيم في المرحلات .

مثال :

مرحل يملف يعمل على جهد ١٢ فلت . يمر به تيار إثارة (تيار تشغيل) ١٠٢ مل أمبير ليكون قادرا على تشغيل أربعة ملامسات ، يعمل كل ملامس منها على قدرة مقدارها ٦٠ وات لإحسب قدرة تضخيم المرحلة .

المعطيات	المطلوب
ج م = ١٢ فلت	قدرة التضخيم
ت م = ١٠٢ مل أمبير	
قدرة الفصل = ٤ × ٦٠ وات = ٢٤٠ وات .	

الحل :

$$\text{قدرة الإثارة} = \text{ج م} \times \text{ت م}$$

$$= ١٢ \text{ فلت} \times ١٠٢ \text{ مل أمبير} = ١٢٢٤ \text{ مل وات}$$

$$= ١,٢٢٤ \text{ وات} .$$

$$\text{كفاءة التضخيم} = \frac{\text{قدرة الفصل}}{\text{قدرة الإثارة}}$$

$$= \frac{٢٤٠ \text{ وات}}{١,٢٢٤ \text{ وات}} = ١٩٦$$

أى أن هذا المرحل يمكن أن يضخم ١٩٦ مرة من قدرة إثارتته .
فإذا أرسلت إليه قدرة إثارة مقدارها ١,٢٢٤ وات ، فيمكنه تشغيل دوائر كهربائية
تصل قدرتها إلى ٢٤٠ وات عن طريق ملامساته الأربعة .

(١٧) تضخيم الإشارات ذات التردد العالى :

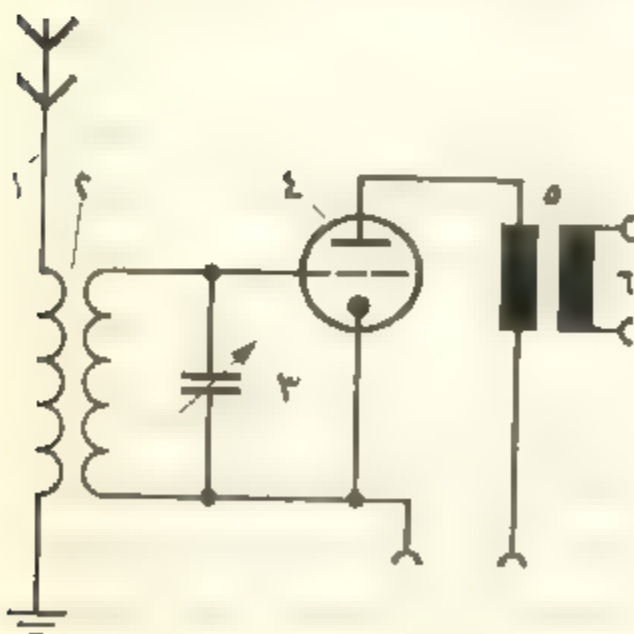
تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية ذات الدبذبة العالية في حمل المعلومات والإشارات ذات
الدبذبة المسموعة (المنخفضة) لإرسالها بالطرق اللاسلكية .

وعند اصطدام الموجات ذات التردد العالى الحاملة للإشارات المسموعة بهوائى جهاز الاستقبال
فإنها تحتاج عادة لعدة مرحل من التضخيم تستخدم فيها صمامات إلكترونية لا تحتاج إلى قدرة تذكر
للقيام بعملية التضخيم . ويبين الشكل (٢٢٩) إحدى المراحل المستخدمة في تضخيم الموجات ذات
التردد العالى ، حيث يمر الجهد الناتج من اصطدام الموجات المرسله بالهوائى إلى ملفت دائرة
الرنين (دائرة الاختيار) . وهذا الجهد الناتج من الاصطدام لا يتعدى ٠,٠٠٥ فلت . وتتم عملية
التضخيم للموجات ذات التردد العالى على مرحلتين هما : مرحلة الاختيار ومرحلة التضخيم .

(أ) مرحلة الاختيار

تستخدم دوائر الاختيار ، كما هو واضح من اسمها ، في اختيار الموجة المطلوبة واستبعاد
بقية الموجات . وتتكون دائرة الاختيار (دائرة الرنين) من ملف ومكثف متغير كما هو
موضح بالشكل .

ويستخدم المكثف المتغير لضبط تردد هذه الدائرة حتى تتلاءم (أى تحدث رنيناً) مع تردد
الموجات الكهرومغناطيسية المختارة المراد استقبالها أو إحداث رنين معها ، ولذلك يكون التيار
الناظر هذه الموجات هو أكبر تيار يمكن أن يمر بالدائرة . أما تيار الموجات الأخرى فيستبعد .



الشكل (٢٢٩) مضخم الإشارات ذات التردد

العالى بصمام ثلاثى

١ - هوائى

٢ - ملف الدخول .

٣ - دائرة تذبذب مكونة من ملف ومكثف متغير

٤ - صمام ثلاثى .

٥ - محول دبذبة عالية .

٦ - إلى المرحلة التالية .

(ب) مرحلة التضخيم :

يمر التيار المقابن للموجات المختارة من دائرة الاختيار إلى كاثود الصمام الثلاثي المضخم . ثم يمر لتيار من الكاثود إلى الأنود ماراً بالشبكة التي تقوم بتضخيمه . ويمر التيار المضخم من الأنود إلى الملفات الابتدائية لمحول يستخدم في تكبير التيارات والجهود ذات التردد العالى . ثم ينساب من الملفات الثانوية إلى مرحلة أخرى من مراحل التضخيم . وفيما يلي شرح مبسط للصمام الثلاثي المستخدم كضخم .

(١٨) الصمام الثلاثي المستخدم كضخم :

يتكون الصمام الثلاثي من كاثود وأنود وقطب ثالث مثقب بشكل شبكة معزولة تثبت بين الكاثود والأنود . ووظيفة هذه الشبكة هي التحكم في التيار المار من الكاثود إلى الأنود (التيار الأنودى) ويتم ذلك بأن يسلط على الشبكة جهد يجرى تغييره حسب الحاجة .

وعندما يكون جهد لشبكة موجباً بالنسبة للكاثود يزداد مرور الإلكترونات ، وبذلك يمكن استخدام الصمام الثلاثي كضخم (للجهد أو التيار أو القدرة) ، بتغيير قيمة الجهد بين شبكة الصمام والكاثود بطريقة معينة ، بحيث تؤدي إلى زيادة التيار المار بين الكاثود والأنود لتضخيمه بالقيمة المطلوبة ، وبحيث يكون مماثلاً تماماً للتيار الأساسى .

أما إذا كان جهد الشبكة سالباً فإنه يمر عدد أقل من الإلكترونات . ويتم التحكم في الإلكترونات دون فقد أى قدرة تذكر .

كما يمكن أيضاً استخدام الصمام الثلاثي كولد للذبذبات أو ككاشف . وسيأتى شرح ذلك فيما بعد عند الكلام عن أجهزة الإرسال والاستقبال للموجات ذات التردد العالى .

ومن الممكن استخدام المواد اترانستور (شبه الموصلة) عوضاً عن الصمامات الإلكترونية كما سيأتى شرحه فيما يلي :

(١٩) تضخيم الإشارات ذات التردد المنخفض :

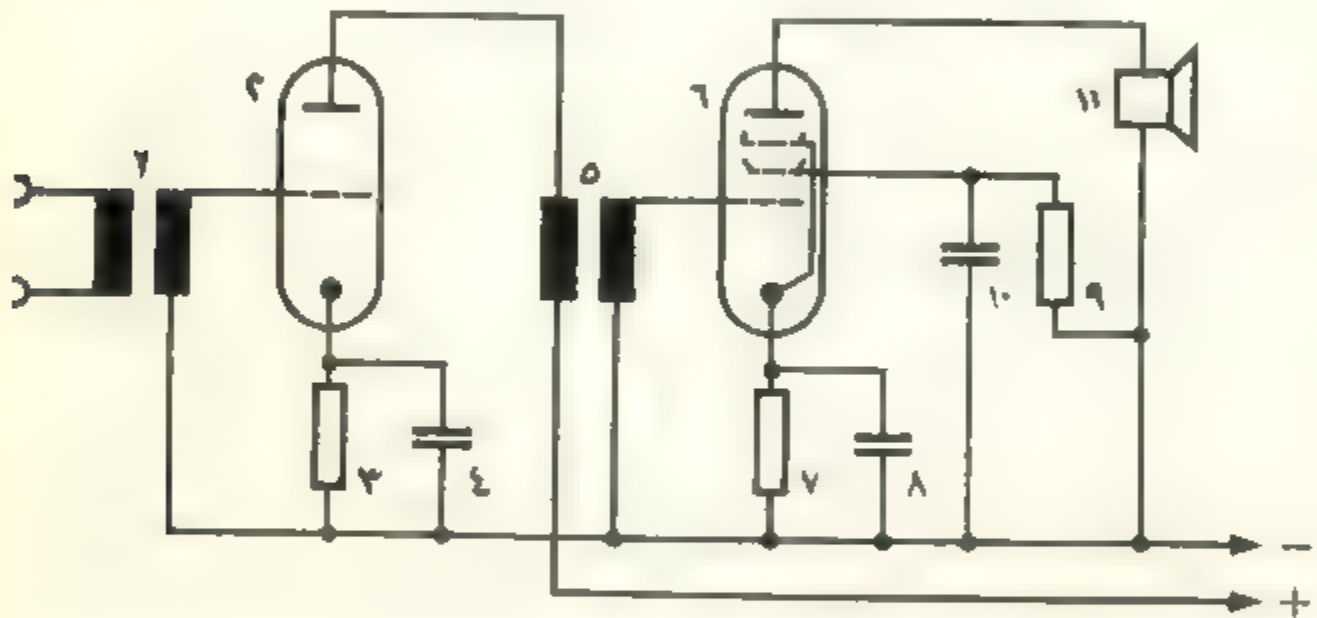
استعملت مضخمات التردد المنخفض في بادئ الأمر لتضخيم الموجات الكهرومغناطيسية الضعيفة ، التي لا يتعدى ترددها من ٢٠ ذبذبة في الثانية إلى ٢٠ كيلوسيكل في الثانية ، والتي يطلق عليها اسم الذبذبات المسموعة .

وتستخدم الصمامات الإلكترونية لتضخيم الإشارات الكهربائية الضعيفة الناتجة من تحويل المعلومات المسموعة (الأصوات) بواسطة الميكروفونات . . . إلخ ، ثم ترسل هذه الإشارات اللاسلكية بعد تضخيمها إلى مكبرات الصوت لتكبيرها ونحويلها إلى معلومات مسموعة بوضوح . ويطلق على هذه المضخمات أيضاً اسم المضخمات السمعية .

ويبين شكل (٢٣٠) دائرة تضخيم لموجات كهرومغناطيسية ذات تردد منخفض ، وفيها يتم التضخيم على مرحلتين ، حيث يستخدم في المرحلة الأولى صمام ثلاثى ويستخدم في المرحلة الثانية صمام خماسى .

وتتلخص عملية التضخيم فى الآتى :

يتم تحويل المعلومات المسوقة إلى إشارات كهربائية بتردد منخفض بواسطة ميكروفون أو جهاز من أجهزة تحويل المعلومات إلى إشارات ، ثم تمر هذه الإشارات إلى الملفات الابتدائية للمحول (١) (بنسبة تحويل ١ : ١٠) لرفع جهد هذه الإشارات ، ثم إلى الصمام الثلاثى المضخم ، ثم إلى محول آخر بتردد منخفض لرفع الجهد (بنسبة تحويل ١ : ٤) ومنه إلى الصمام الخماسى المضخم ، ثم إلى مجموعة سماعات أو مكبرات للصوت أو إلى أجهزة تسجيل ، أو أى أجهزة أخرى تقوم بتحويل الإشارات الكهربائية إلى معلومات مسوقة .



الشكل (٢٣٠) مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض مكون من مرحلتين - الأولى بصمام ثلاثى والثانية بصمام خماسى .

١ - محول ذبذبة منخفض (بنسبة تحويل ١ : ١٠) - الصمام الخماسى

٢ - صمام ثلاثى - المقاومة الكاثودية للصمام الخماسى

٣ - المقاومة الكاثودية للصمام الثلاثى - المكثف الكاثودى للصمام الخماسى

٤ - المكثف الكاثودى للصمام الثلاثى - شبكة التبريد للصمام الخماسى

٥ - محرك ذبذبة منخفضة (بنسبة تحويل ١ : ٤) - مكثف شبكة التبريد

٦ - مكبر الصوت

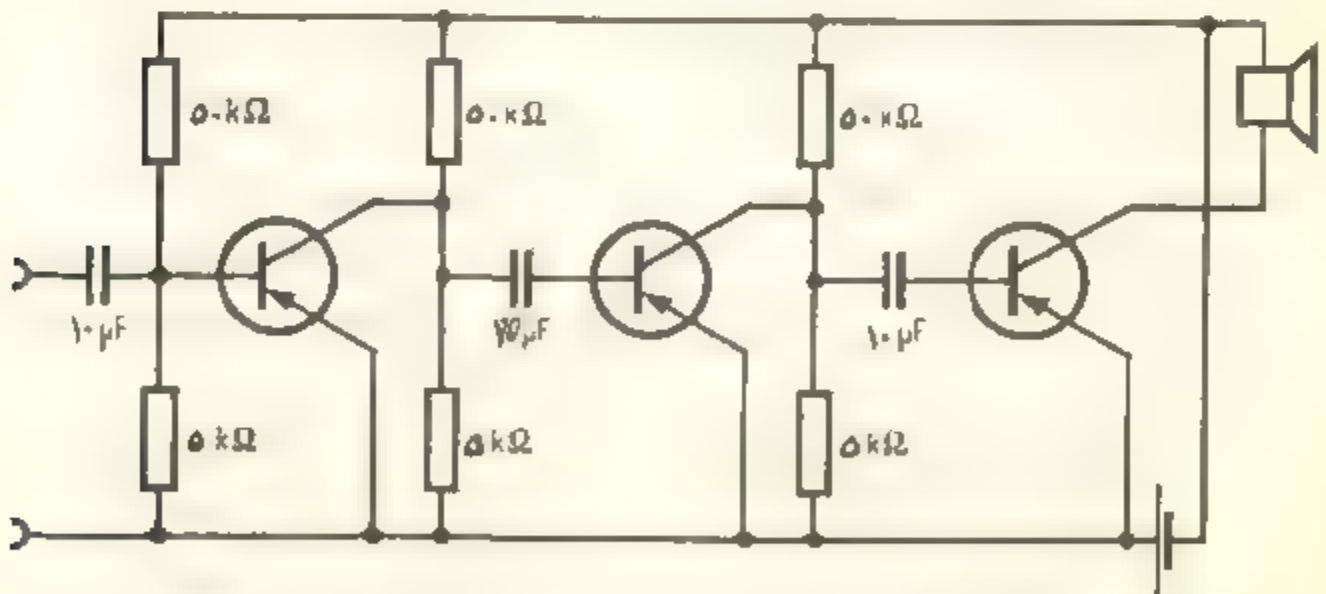
(٢٠) المواد شبه الموصلة (الترانزستور) المستخدمة كضخم :

تم تطوير المواد شبه الموصلة (الترانزستور) ، التي سبق شرح عملها ، بحيث أصبحت تصنع كضخات بالإضافة إلى عملها كقومات . واستخدمت المواد شبه الموصلة في تضخيم الإشارات الكهربائية بتردد عال وبتردد منخفض . والمواد شبه الموصلة المستخدمة كضخات يمكن إنتاجها بإدماج صفات من أنواع ب (المتقبل) مع النوع ن (الواهب) . وتستعمل هذه الموجات حالياً بكثرة ، عوضاً عن الصمامات الثلاثية ، في أغراض التضخيم والتقويم والكشف . وفيما يلي بيان بالأسماء التي اتفق عليها لتسمية الأجزاء الرئيسية في المضخمات الترانزستور والتي تناظر نفس الأجزاء الرئيسية في الصمامات الإلكترونية المستخدمة كضخمات .

أسماء الأجزاء الرئيسية في المواد الترانزستور	أسماء الأجزاء الرئيسية المتناظرة لها في الصمام الثلاثي
مجمع	أنود
قاعدة	شبكة التحكم
كاثود (مشح)	باعث

وتمتاز المواد شبه الموصلة أو الترانزستور بالآتي :

- ١ - صغر حجمها ، فحجم الترانزستور $\frac{1}{10}$ من حجم الصمام الثلاثي المقابل له في المميزات والقدرة .
- ٢ - عدم حاجة الترانزستور إلى أي قدرة لتسخين ، مما يؤدي أيضاً إلى صغر حجم الأجهزة التي يستخدم فيها .



الشكل (٢٢١) مضخم للإشارات ذات التردد المنخفض

مكون من ثلاث مراحل تضخيم باستخدام الترانزستور بدلا من الصمامات .

٣ - إنها تعمل بمجرد مرور التيار بها ، حيث أنها لا تحتاج إلى تسخين .

٤ - إنها تعمل على جهد أنودى ضعيف (فى حدود ١٠ فلفط إذا قورن بالجهد الأنودى للصمامات الإلكترونية الذى يصل إلى ٣٠٠ فلفط) . وينتج عن ذلك أن احتمالات الأعطال تكون أقل بكثير منها فى حالة الصمام الثلاثى .

وبين شكل (٢٣١) رسماً تخطيطياً لدائرة بها مضخات ترازستور بدلا من الصمامات الإلكترونية ، تستخدم فى تضخيم الإشارات ذات التردد المسموع . وهى تتكون من ثلاث مراحل . وهذه الدائرة تستخدم فى نفس الأغراض التى تستخدم فيها دائرة التضخيم ذات المرحلتين بصمامات إلكترونية كذلك التى سبق شرحها . ودائرة التضخيم المعطاة فى شكل (٢٣١) بنفس قيم مكوناتها تستخدم فى تضخيم جهد أنودى فى حدود ١٠ فلفط . ويتم تضخيم الجهد فى هذه الدائرة باستخدام مقاومات ومكثفات فقط (أى دون استخدام ملفات أو محولات) .

الباب الرابع

أجهزة إرسال واستقبال الإشارات ذات التردد العالي

أبرز لعلم الحديث ، وعمل الأخصر بحوث الفضاء ، بعض المشاكل المرتبطة بطول المسافة بين جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال ، الأمر الذي أدى إلى استخدام أجهزة الإرسال والاستقبال القوية ذات الحجم الصغير .

(٢١) طرق توليد التيارات العالية التردد (الموجات الكهرومغناطيسية) :

يمكن توليد نوعين من التيارات ذات التردد العالي أحدهما بذبذبة مخمدة والآخر بذبذبة قسرية . وفيما يلي شرح مبسط لكيفية توليد النوعين .

١ - توليد الذبذبات المخمدة (المضمحلة) :

يمكن توليد التيارات العالية التردد أو الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد العالي ، بذبذبات مخمدة (مضمحلة) بواسطة دوائر مقفلة تعرف باسم دوائر التذبذب (أو دوائر التوليف) . وتتكون هذه الدوائر في أبسط صورها عادة (شكل ٢٣٢) من مكثف (س) متصل على التوازي بملف تأثيرى (ل) ، وتوصل هذه الدائرة على التوازي بمصدر للطاقة (بطارية مثلاً) لشحن المكثف ابتدائياً، ثم يفصل مصدر الطاقة بعد ذلك . وبواسطة هذه الدائرة يمكن الحصول على الذبذبة الحرة أو الذبذبة المخمدة التى يمكن رؤية شكلها باستخدام جهاز راسم الذبذبات (الأوسيلسكوب) . وشكل الذبذبة الناتجة مماثل تماماً للنموذج (٥) الموضح فى الشكل (٢٣٢) . ويتم توليد الذبذبة المخمدة (المضمحلة) بالتسلسل التالى :

يشحن المكثف (س) بواسطة مصدر الطاقة حتى يتساوى جهد المكثف مع جهد المصدر . وعند غلق المفتاح لفصل مصدر الطاقة وتوصيل الملف (ل) على التوازي مع المكثف (س) فإن معدل تفريغ المكثف بالملف لا يتم بطريقة فجائية ، لأن الحث الذاتي للملف يجعل نمو تيار التفريغ بطيئاً . وفى أثناء نمو التيار يأخذ المجال الكهربائى فى المكثف فى التلاشى ، ويظهر بدلاً منه فى الملف مجال مغناطيسى يتزايد حتى يبلغ نهايته العظمى ، وتتحول الطاقة الكهربائية التى كانت فى المكثف إلى طاقة مغناطيسية فى الملف .

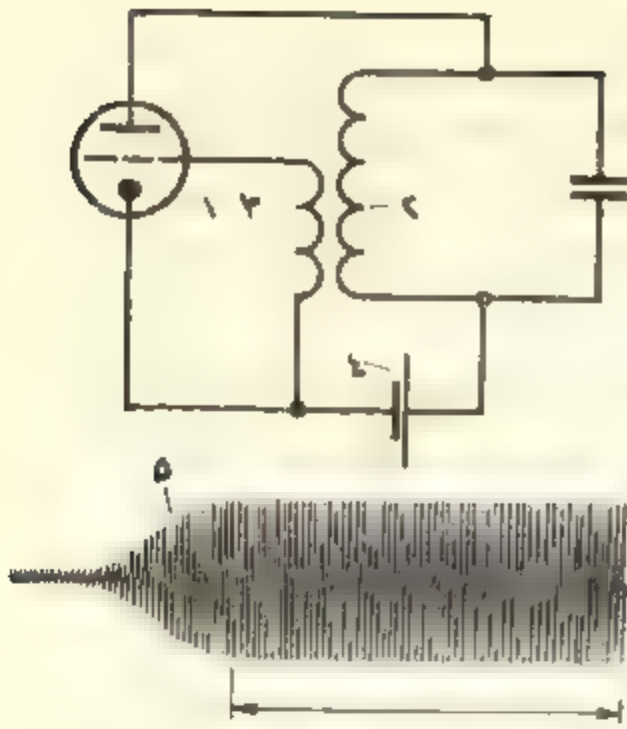
وعندما يقاوى جهد لوحى المكثف (أى عندما يتم التفريغ نهائياً) يتوقف نمو التيار ، وتأخذ خطوط القوى المغناطيسية فى الانكماش وتتولد قوة دافعة كهربائية تأثيرية تميل إلى إبقاء مرور التيار فى نفس الاتجاه الأصلى (من المكثف إلى الملف) ، وينشأ عن ذلك شحن المكثف فى الاتجاه المضاد ، وبذلك يتولد بالمكثف مجال كهربائى جديد إشارته عكس الإشارة عند بدء الشحن . وتتكرر العمليات السابقة بنفس الترتيب ولكن فى لاتجاه المصاد (أى فى اتجاه عكس الاتجاه الأصلى) ثم تعود إلى الحالة التى بدأت بها وهذا يكون التيار قد قطع دورة كاملة ثم تتلوها عدة دورات بنفس التتابع . غير أن الذبذبات الكهربائية تأخذ فى الاضمحلال لأن جزءاً من الطاقة الكهربائية يتبدد كحرارة ، نتيجة لمرور التيار فى المقاومة الأومية للدائرة . كما أن جزءاً آخر من الطاقة ينطلق على هيئة إشعاع غير منظور من الأمواج اللاسلكية ، وبذلك تستمر ذبذبات الدائرة فى الاضمحلال حتى تبطل تماماً . ويعتمد لتذبذب الحر أو التذبذب المحمد على قيمة المكثف (م) والملف (ل) . وتتميز كل دائرة تذبذب بأن لها تردداً معيناً يدل على عدد الذبذبات الحرة التى تحدث بها فى الثانية ، ويساوى :

$$d = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

وشكر هذه الترددات المضمدة يكون دائماً مائلاً للنموذج ه . ولا تصلح التيارات ذات الذبذبات المضمدة (المضمحلة) فى الإرسال للموجات الكهرومغناطيسية نظراً لعدم أهميتها . وإنما تستخدم عادة التيارات ذات الذبذبات غير المضمدة أو الذبذبات القسرية فى عمليات الإرسال والاستقبال اللاسلكية .

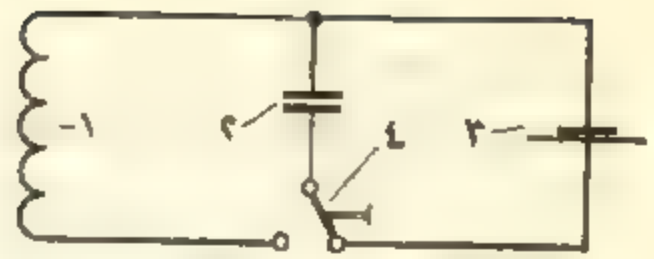
٢ - توليد الذبذبات القسرية (غير المضمدة) :

يمكن الحصول عن ذبذبات غير مضمدة بإمداد دائرة التذبذب المحمد السابق شرحها بطاقة مساوية للطاقة المفقودة عن طريق بطارية ، أو باستخدام صمام ثلاثى ، أو عن طريق دوائر التغذية المرتدة (التغذية الرجعية) ، وبين شكل (٢٣٣) إحدى هذه الدوائر حيث يقوم الصمام الثلاثى بعمليات التغذية المستمرة للطاقة المفقودة ، لما يتميز به من خاصية التكبير . أما دوائر التغذية الرجعية فتقوم بالتحكم فى الطاقة الخارجة من الصمام حتى تتساوى تماماً مع الطاقة المفقودة . وتتكون دوائر التغذية الرجعية من دائرة تذبذب ، وهى عبارة عن مكثف متغير ، وملف حثى ، ومن ملف آخر يسمى ملف التوليف . ويوضع ملف التوليف عادة على نفس القلب أو الإطار الذى يوضع عليه الملف الحثى الخاص بدائرة التذبذب ، فيحدث بينهما ترابط حثى وثيق ويقوم الملحمان فى هذه الحالة بعمل محول سلفاته الابتدائية والثانوية لما حدث متبادل ثابت .



الشكل (٢٣٢) دائرة تغذية مرتدة

- ١ - صمام ثلاث
- ٢ - دائرة توليد ذبذبات
- ٣ - ملف توليف
- ٤ - مصدر الطاقة الكهربائية
- ٥ - نموذج لشكل الذبذبات غير المخمدة الناتجة.



الشكل (٢٣٣) رسم تخطيطي يوضح شكل

- الذبذبات المخمدة وكيفية توليدها
- ١ - ملف
- ٢ - مكثف
- ٣ - مصدر الطاقة الكهربائية
- ٤ - مفتاح قاطع (مغير)
- ٥ - نموذج لشكل الذبذبات المخمدة الناتجة

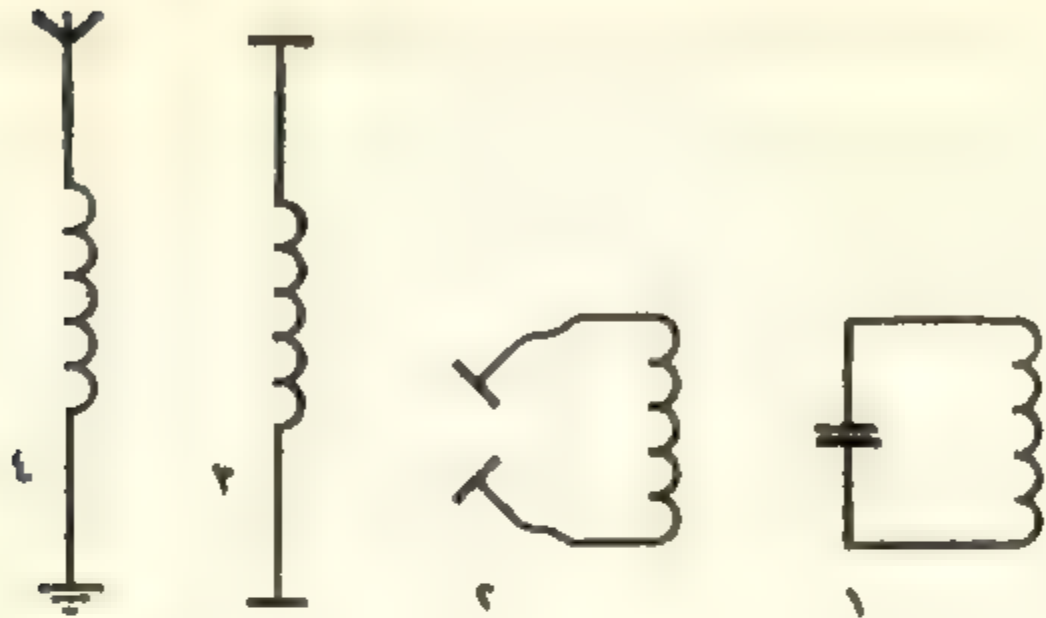
ويوصل ملف التوليف هذا بين شبكة الصمام الثلاثي والكاثود، بينما توصل دائرة التذبذب في دائرة الأنود كما في شكل (٢٣٣) .

وعندما يقوم الصمام بشحن المكثف تتولد ذبذبة مخمدة في دائرة التذبذب . وتؤدي هذه الذبذبة الحادثة إلى نقل جزء من الجهد المتولد فيها إلى الملف المولف (الملف القارن) عن طريق الترابط الحثي الوثيق بينهما . ويؤثر الملف القارن بدوره على التيار الأنودي للصمام الثلاثي، وبفضل خاصية التكبير في هذا النظام فإن التيار الأنودي المتكون ، تزيد قيمته على قيمة التيار الأصلي الناتج من دائرة التذبذب . وينتقل جزء من طاقة دائرة التذبذب الموصلة بالأنود مرة أخرى إلى الملف القارن (الملف المولف) الموصل بالشبكة ، فترتفع درجة الذبذبات وتصل إلى اتساعها النهائي . وبذلك تتذبذب المجموعة ذبذبات مستمرة غير مخمدة وثابتة الاتساع .

ويتوقف التذبذب في هذه الدائرة على تردد القوة الدافعة الكهربائية التي تمدها بالطاقة، وعلى

سعة المكثف (س) وعلى الحث الذاتي الملف (ل) . ويمكن حساب التدبذب طبقاً لقاعدة تومسون كما يلي :

$$D = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



الشكل (٢٣٤) كيفية تحويل دوائر التدبذب المغلقة إلى دوائر مفتوحة

- ١ - دوائر تدبذب مغلقة .
- ٢ - لوحات المكثف متصلة عن بعضها البعض .
- ٣ - دائرة تدبذب متحركة (مشدودة)
- ٤ - دائرة تدبذب مفتوحة تستخدم كهوائي لجهاز الإرسال أو الاستقبال .

ودوائر التدبذب القسرية التي أشرنا إليها تسمى دوائر الرنين . وهي تستخدم لإشعاع طاقة كهرومغناطيسية تستخدم في عمليات الإرسال والاستقبال اللاسلكي ، وتضبط دوائر الرنين والملفات المولدة على تردد الرنين ، للحصول على أكبر قيمة ممكنة للتيار والجهد .

ومن مميزات دوائر توليد الذبذبات القسرية أن ترددها مستمر ولا يتعرض للاضمحلال ولا يتوقف على قيمة المكثف والملف الحثي بدائرة الرنين فقط ، وإنما يحدد ترددها كذلك تردد القوة الدافعة الكهربائية التي تمدها بالطاقة المفقودة فيها أو تردد التيار الأنودي للصمام الثلاثي ، كما تلعب قيمة الملف المولف دوراً هاماً في تحديد التردد .

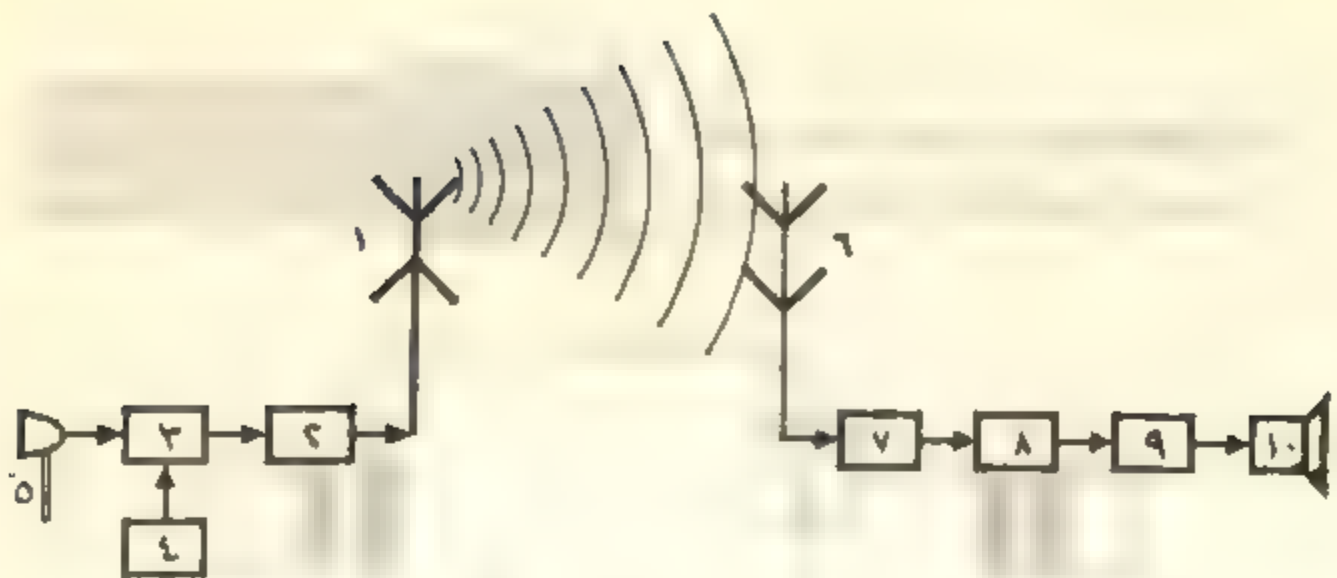
ويمكن الكشف عن المجالات الكهربائية والمغناطيسية الناتجة في هذه الدوائر بواسطة أجهزة قياس دقيقة جداً . وحتى يكون هذا الكشف دقيقاً يفضل أن تتم القياسات في لدائرة نفسها أو في أقرب مكان من الدائرة . ويرجع ذلك إلى أن نصف قطر الإشعاع لكهرمغناطيسي ناتج صغير للغاية ، كما أنه عند تحول دوائر التذبذب المنفلقة إلى دوائر مفتوحة ، فإن الدتذبذبات الكهرمغناطيسية تتحول إلى موجات كهرمغناطيسية تشع إلى مسافات بعيدة في الفضاء ، نظر الشكل (٢٣٤) .

(٢٢) تشكيل الموجات الحاملة ذات التردد العالي بإدماج الموجات ذات التردد المنخفض فيها :

يوضح شكل (٢٣٥) الأسس التي بنيت عليها عملية إرسال واستقبال الموجات الكهرمغناطيسية ذات التذبذب المسموعة بعد إدماجها في موجات كهرمغناطيسية ذات دذبذب عالية . ويتضمن الشكل (٢٣٥) بعض المراحل التي سق شرحها ، والمتعددة في عملية الإرسال . المرحلة الأولى عبارة عن هوائى الإرسال ، والمرحلة الثانية عبارة عن مضخم للتذبذب المسموعة ، أما المرحلة الثالثة فهي مرحلة تشكيل الموجات الكهرمغناطيسية ذات التذبذب العالية بإدماج الموجات ذات التذبذب المسموعة فيها ، وفي المرحلة الرابعة يتم إنتاج التذبذب العالية بواسطة مولد التذبذب العالية ، ويتم في المرحلة الخامسة إنتاج التذبذب المسموعة بعد تحويل المعلومات الصوتية إلى إشارات كهربائية بواسطة الميكروفون .

وفي الجانب الآخر من الشكل تظهر كيفية الاستقبال . فقد غرورح الموجات ذات التذبذب العالية حاملة الموجات ذات التردد المسموع المدججة فيها عن طريق هوائى لإرسال ، تسير هذه الموجات في الفضاء لمسافات بعيدة حاملة موجات الصوت معها ، وبعد اصطدام الموجات بهوائى جهاز الاستقبال المبين بالمرحلة (٦) ، حيث تضخم في المرحلة (٧) . وفي المرحلة الثامنة تتم عملية الكشف أو فك التشكيل لفصل الموجات ذات التردد المسموع عن الموجات الحاملة حيث يتم تضخيمها في المرحلة التاسعة ، ومن مضخم التردد المسموع إلى مكبرات الصوت الميينة في المرحلة رقم (١٠) لسماعها . ويمكن تعريف عملية تشكيل الموجات الكهرمغناطيسية ذات التذبذب العالية في أبسط صورده بأنها الإمكانية لفنية لطع الموجات اصوتية ذات لتردد المنخفض على موجات كهرمغناطيسية ذات تردد عال بطريقة مناسبة . وهذه الطريقة يمكن إرسال الإشارات ذات التردد المنخفض في الفضاء لمسافات بعيدة ، ثم استقبالها وسماعها من بعد بواسطة أجهزة الاستقبال .

ولشرح عملية الإدماج أو التشكيل والطرق المتبعة فيها ، يجب التفرقة بين التشكيل الكلى للموجات الكهرمغناطيسية الحاملة بإدماج التردد المسموع فيها وبين تشكيل التردد (التذبذب) للموجات الكهرمغناطيسية الحاملة بإدماج الموجات ذات التردد المنخفض فيها .



الشكل (٢٣٥) أساس عملية الإرسال والاستقبال اللاسلكية

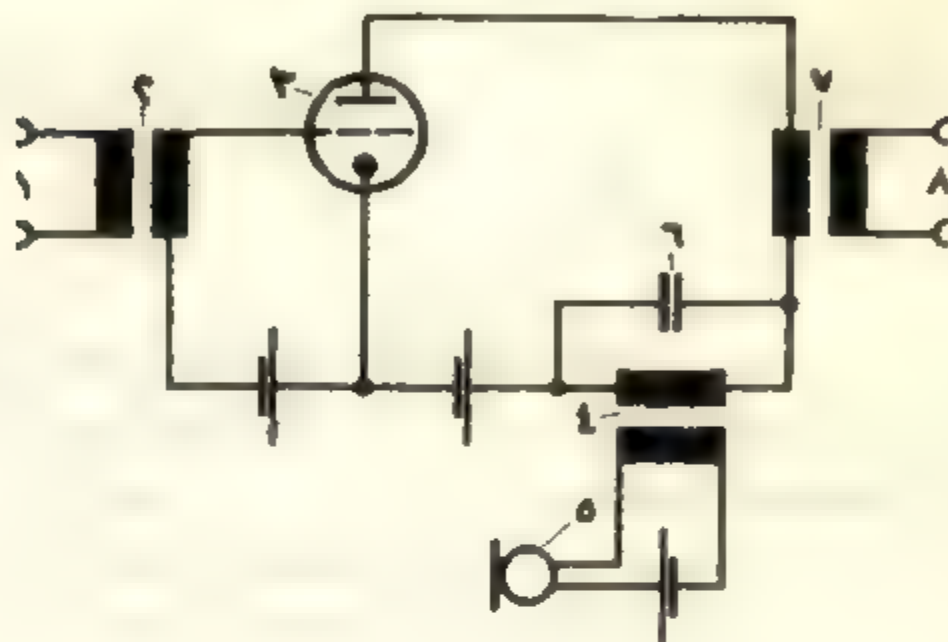
- | | |
|----------------------------------|---|
| ١ - هوائي جهاز الإرسال | ٦ - هوائي جهاز الاستقبال |
| ٢ - مرحلة التضخيم | ٧ - مرحلة تضخيم الموجات ذات التردد العالي |
| ٣ - مرحلة تشكيل الموجات الحاملة | ٨ - مرحلة فصل الموجات المسموعة عن الموجات ذات التردد العالي |
| ٤ - مرحلة توليد الذبذبات العالية | ٩ - مرحلة تضخيم الموجات المسموعة |
| ٥ - الميكروفون | ١٠ - مكبرات الصوت |

(٢٣) تشكيل سعة الموجات الحاملة (التشكيل الكمي للموجة الحاملة) :

يتم إشعاع الذبذبة الكهرمغناطيسية غير المفردة في الفضاء على هيئة موجات كهرمغناطيسية ذات سعة ثابتة . وقد سبق أن بينا في شكل (٢٣٢) تمثيلاً للموجات الصوتية ذات التردد المسموع الصادر من ميكروفون مثلاً . كما بينا في شكل (٢٣٣) تمثيلاً للموجات غير المفردة الحاملة ذات التردد العالي . وعند إدماج الموجات الصوتية في الموجات الحاملة ، فإن سعة الموجات الحاملة غير المفردة تتغير تبعاً لسعة الذبذبات الصوتية ، ونتيجة لهذا الإدماج نحصل على الموجة اللاسلكية المبينة في شكل (٢٣٦) .

ويمثل شكل (٢٣٧) رسماً تحظيظياً لإحدى النواثر المستخدمة في مرحلة بسيطة من مراحل إدماج السعة للموجات الكهرمغناطيسية الصوتية الصادرة من ميكروفون ، مع الموجات الكهرمغناطيسية ذات الذبذبة العالية .

الشكل (٢٣٦) نموذج يبين كيفية التشكيل الكمي
للموجات الحاملة بواسطة الموجات المسموعة

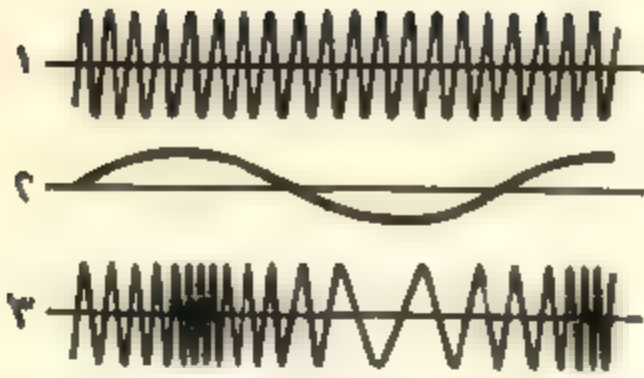


الشكل (٢٣٧) مكونات مرحلة التشكيل

- | | |
|--|---|
| ١ - دخول الموجات الحاملة ذات التردد العالي | ٥ - ميكروفون |
| ٢ - محول دخول | ٦ - مكثف مانع لمرور الموجات ذات التردد العالي |
| ٣ - صمام ثلاثي | ٧ - محول خروج |
| ٤ - محول الموجات المسموعة | ٨ - مرحلة التشكيل الكمي للموجات الحاملة |

(٢٤) تشكيل تردد الموجات الحاملة :

عند استخدام الموجات ذات الذبذبة العالية جداً في حمل الموجات ذات التردد المسموع ، يفضل دائماً أن تتم عملية تشكيل تردد الموجات الحاملة (التي لا يقل ترددها عن ٥٠ ميجاسيكل) بدلا من عملية التشكيل الكمي بواسطة الموجات ذات التردد المسموع . وفي هذه الحالة تقلل سعة الموجات الحاملة كما هي (لا تتغير قيمة ذروتها) ، وإنما تتغير فقط ذبذبتها فتنتج الجمع وطرح الذبذبات المسموعة منها ، كما هو مبين في شكل (٢٣٨) .



الشكل (٢٣٨) نموذج تشكيل تردد الموجات
الحاملة بواسطة الموجات المسموعة
١ - الموجات الحاملة
٢ - موجات صوتية جيبية الشكل
٣ - موجات حاملة تم تشكيل ترددها بواسطة
الموجات السمعية .

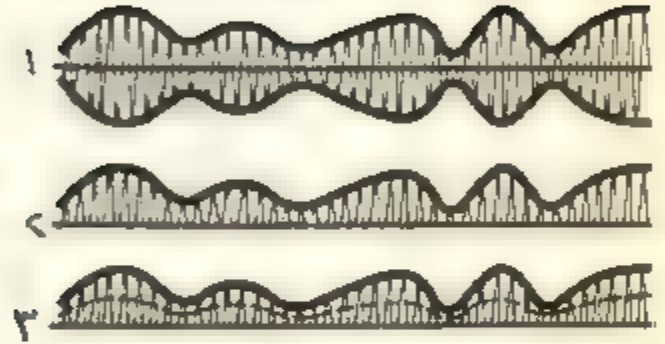
(٢٥) أجهزة استقبال الموجات ذات التردد العالي :

بعد تشكيل الموجات الكهرمغناطيسية ذات التردد العالي بإدماج الموجات الكهرمغناطيسية ذات التردد المسموع فيها ، ترسل في الفضاء لتصل لمتصلاً بهوائي جهاز الاستقبال . وتتم هذه الموجات المشكلة ذات التردد العالي في دائرة هوائي جهاز الاستقبال على هيئة ذبذبات ذات جهد ضعيف جداً . ويصير تكبيرها على مرحلتين أو أكثر بمضخمات التردد العالي . ويقوم جهاز الاستقبال بعد ذلك باختيار محطة الإذاعة المطلوبة من بين الموجات الكهرمغناطيسية العديدة ذات الترددات المختلفة المنتشرة في الفضاء . وتستخدم لهذا الغرض دائرة كهربائية تسمى دائرة الاختيار . وتتكون من ملف ومكثف هوائي متغير . ويضبط تردد دائرة الاختيار بحيث يحدث التردد فيها رنيناً مع تردد الموجات المختارة المطلوب استقبالها . وبذلك يكون التيار المار في دائرة الرنين والمناظر للموجات المختارة أكبر ما يمكن ، بينما تكون التيارات الأخرى المناظرة لأي نوع آخر من الموجات المنتشرة في الفضاء أقل ما يمكن . ثم يمر هذا التيار المناظر للموجة المختارة إلى دوائر الفصل أو دوائر الكشف ، حيث تفصل الموجات الصوتية ذات التردد المسموع من الموجات الحاملة ذات التردد العالي غير المسموع ، وتضخم بمضخمات التردد المنخفض ، ومنه إلى مكبرات الصوت . وتتم عملية الفصل عادة باستخدام مقوم إلكتروني ، أو مقوم ترانزستور أو صمام ثنائي شبه موصل .

ويبين شكل (٢٣٩) رسماً تخطيطياً لعملية فصل الموجات ذات التردد المسموع من الموجات الحاملة بطريقة التقويم . وكذلك أجهزة تحويل الموجات المشكلة ذات التردد العالي إلى موجات ذات تردد مسموع .

(٢٦) نقل إرسال الموجات ذات التردد العالي :

أدى تطور العلاقات بين هندسة الاتصالات اللاسلكية وبين تردد الموجات الكهرمغناطيسية المستخدمة في حمل الموجات الصوتية ، إلى معرفة المدى الذي يمكن أن تصل إليه الموجات ذات الترددات المختلفة .



الشكل (٢٣٩) كيفية فصل الموجات السمعية عن الموجات الحاملة بعد تشكيلها بطريقة التشكيل الكمي

١ - ذبذبة حاملة معدلة بطريقة التشكيل الكمي

٢ - ذبذبة حاملة تم تقويمها

٣ - قيمة متوسطة للذبذبة لا دورية تم تشكيلها بواسطة ذبذبة سمعية صادرة من مكبر الصوت.

ويمكن التعبير عن الموجات عادة إما بالترددات أو بطول الموجة .

وطول الموجة هو المسافة التي يمكن أن تقطعها الموجة خلال دورة واحدة .

ويجب في هذا المجال الرجوع إلى طرق الاتصال اللاسلكية المصنوع عليها في نهاية هذا

الجزء .

نوع الموجة	متوسط طول الموجة	مدى التردد	نصف قطر مدى الإرسال	يتم الانتشار أساساً عن طريق
موجة طويلة جداً	٣٠ كم - ٣ كم	من ١٠ إلى ٣٠ كيلوسيكل	إلى أقصى مسافة ممكنة دون اختلال	الموجات الأرضية
موجة طويلة	٣ كم - ٣٠٠ متر	من ٣٠٠ إلى ٣٠ كيلوسيكل	حتى ١٠٠٠ كيلومتر	الموجات الأرضية
موجة متوسطة	٣٠٠ متر - ٣٠ متر	من ٣ إلى ٣٠٠ ميجاسيكل	حوالي ١٠٠ كيلومتر	الموجات الأرضية أثناء النهار
موجة قصيرة	٣٠ متر - ٣ متر	٣٠ إلى ٣ ميجاسيكل	إلى أقصى مسافة ممكنة ولكن يحدث لها اختلال	الموجات الفضائية
موجات ذات تردد عال جداً	٣ متر - ٣٠ سم	٣٠٠ إلى ٣ ميجاسيكل	حتى ١٠٠ كيلومتر	انتشار شبه بصري (مثل انتشار موجات الضوء)
موجات ديستريكية	٣٠ سم فأقل	٣٠٠٠ - ٣٠ ميجاسيكل	حوالي ١٠٠٠ كيلومتر	انتشار شبه ضوئي

ملحوظة :

الكيلوسيكل = ١٠٠٠ ذبذبة في الثانية
الميجاسيكل = ١,٠٠٠,٠٠٠ ذبذبة في الثانية .

وهناك علاقة وثيقة فيما بين البيئات المغطاة في الجدول ، أي بين متوسط طول الموجة ومدى التردد ، وسرعة الضوء .

ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة الآتية :

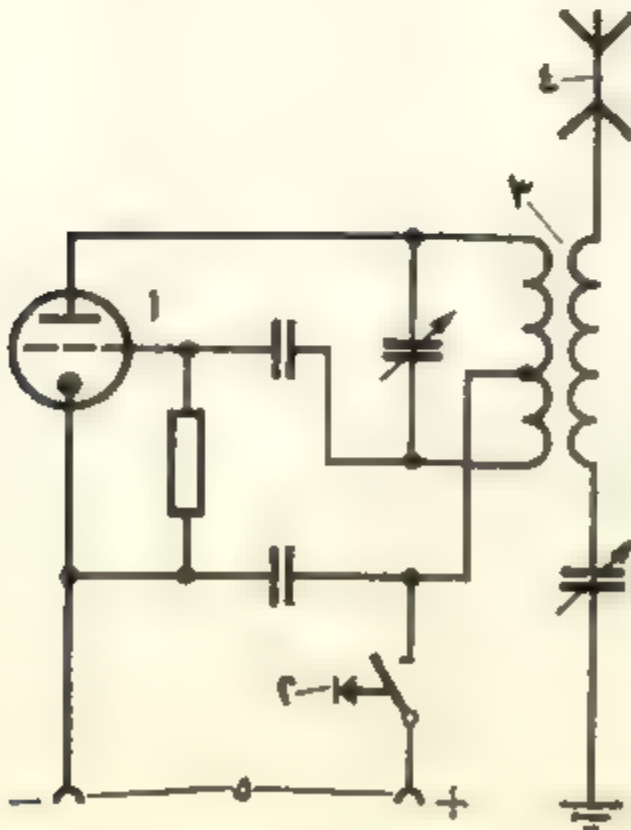
$$\frac{c}{\lambda} = \frac{\text{سرعة الضوء}}{\text{مدى التردد}}$$

حيث أن سرعة الضوء c تساوى ٣٠٠,٠٠٠ كم في الثانية .

(٢٧) أجهزة الإرسال التلغراف ذات التردد العالى :

يوجد العديد من التصميمات المختلفة لأجهزة الإرسال التلغراف ذات التردد العالى . وتتراوح أحجامها بين حجم صندوق الكهرت وحجم عمارة ضخمة ، كما تتراوح قدرتها بين وات واحد ومئات الكيلو وات .

ويبين شكل (٢٤٠) رسماً تخطيطياً لدائرة مبسطة جداً من الدوائر المستخدمة في أجهزة الإرسال التلغراف ، حيث يقوم مفتاح مورس بعملية قطع ووصل التيار الأنودى المرسل . أى أن المفتاح يقوم بتحويل المعلومات المكونة من نقط وشرط إلى إشارات كهربائية متقطعة . ونصف قطر مدى إرسال هذه الأجهزة صغير نسبياً ، لا يتعدى بضعة كيلو مترات ، وتستخدم لهذا الغرض الموجات ذات التردد المتوسط أو الموجات ذات التردد العالى .



الشكل (٢٤٠) جهاز إرسال تلغراف

لإشارات بتردد عالى

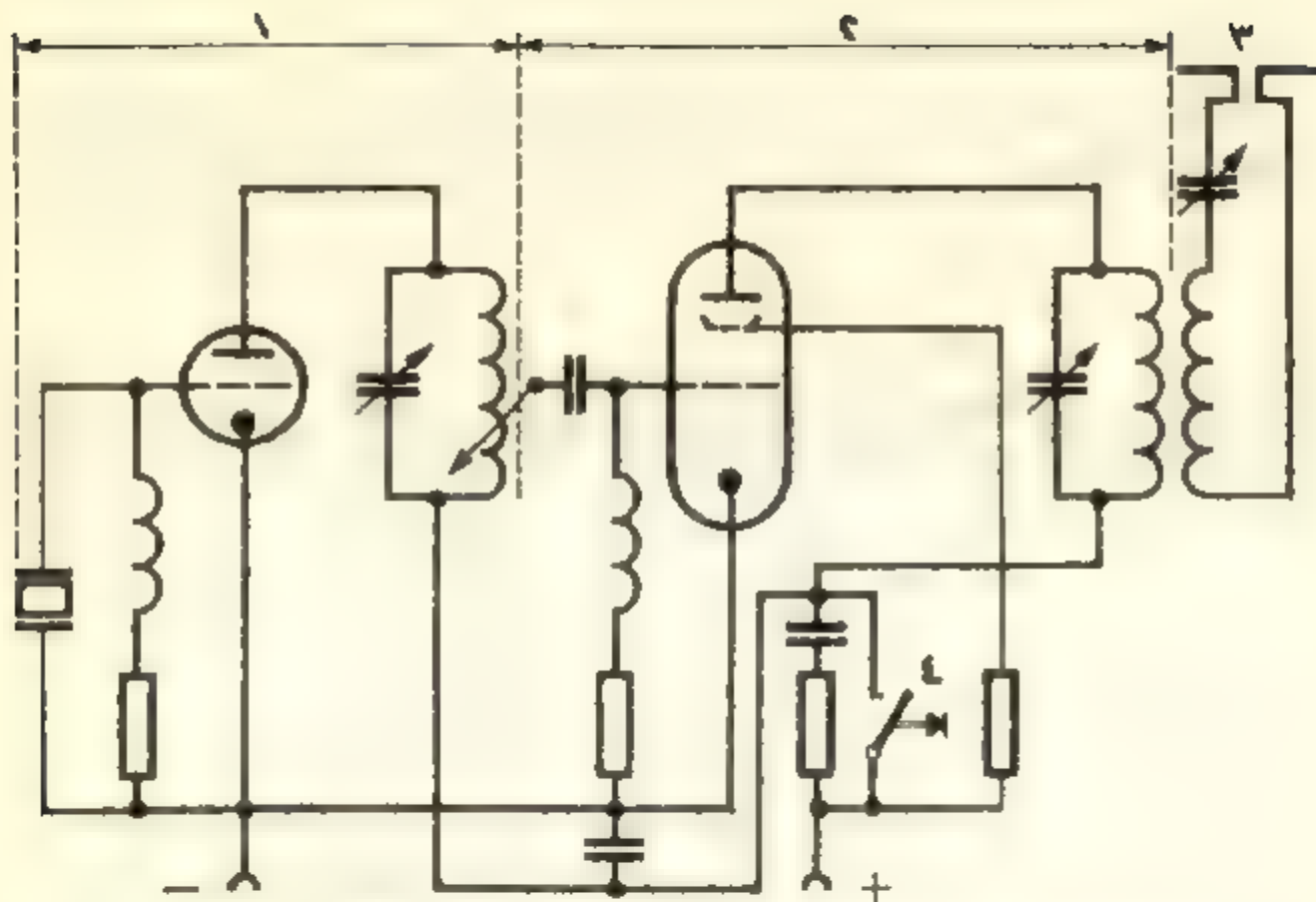
١ - صمام ثلاثى

٢ - مفتاح مورس

٣ - دائرة تذبذب

٤ - هوائى جهاز الإرسال

٥ - إلى مصدر الطاقة الكهربائية .



الشكل (٢٤١) جهاز إرسال تليفرافي بالتحكم البلورى لعملية توليد التردد العالى جدا

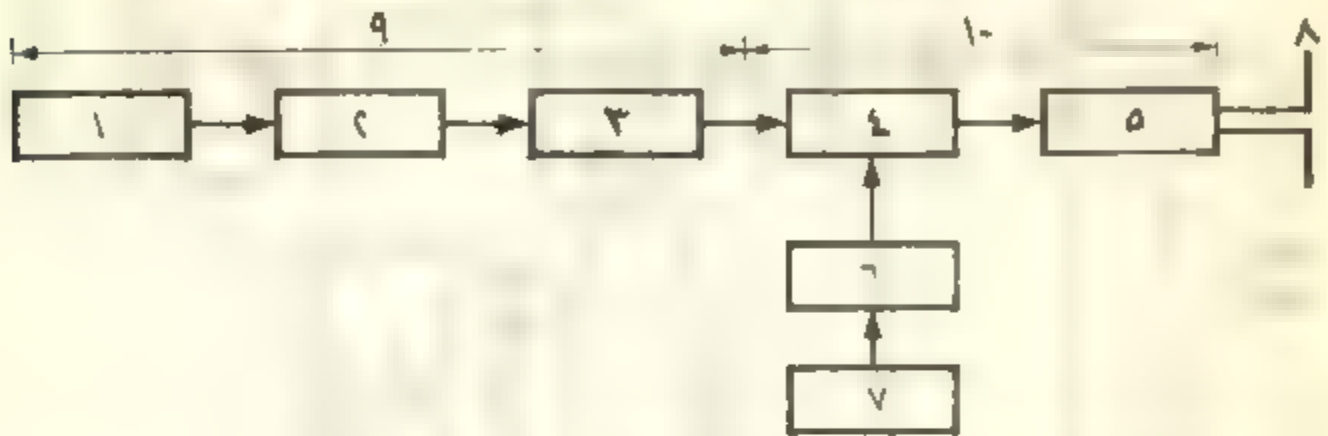
- ١ - مرحلة توليد الدالة الرئيسية ويتم التحكم فيها بواسطة بلورة
٢ - مرحلة التضخيم
٣ - هوائى جهاز الإرسال
٤ - مفتاح مورس .

وبين شكل (٢٤١) رسما تخطيطيا لدائرة مستخدمة فى الإرسال التليفرافى ، ويفضل دائما أن يكون الإرسال التليفرافى ثابت التردد . ويستخدم التحكم البلورى حاليا فى تشغيل أجهزة الإرسال التليفرافى الهامة . ومن الشائع استخدام بلورة الكوارتز للتحكم فى التردد الناتج من أجهزة الإرسال ، وتوضع بلورة الكوارتز بين لوحين معدنيين ، ويحدث أقوى تذبذب وأدق اهتزاز للبلورة الكوارتز عندما يكون تردد القوة الدافعة الكهربائية المسلطة على اللوحين مساويا لتردد الطبيعي للبلورة ، أى عند حدوث حالة الرنين بينهما . وتتميز البلورة بمدة رنينها وقلة استهلاك اهتزازاتها . ويماب عليها ارتفاع ثمنها وسهولة كسرها .

(٧٨) أجهزة الإرسال التليفزيونى ذات التردد العالى :

يبين شكل (٢٤٢) رسما تخطيطيا للمراحل المستخدمة فى الإرسال التليفزيونى ، وهى نفس المراحل المستخدمة فى الاتصالات اللاسلكية عموما . فتم فى المرحلة الأولى توليد الموجات الحاملة ذات التذبذبة العالية . وتقسّم فى المرحلة الثانية ، وفى المرحلة الثالثة تتم عملية الضبط

والتحكم في تردد هذه الموجات . أما في المرحلة الرابعة فيتم تشكيل الموجات الحاملة بإدماج الموجات المرئية فيها . وفي المرحلة الخامسة تضخم الموجات ذات التردد العالي بعد تشكيلها . وفي المرحلة السادسة تضخم الموجات المرئية ذات التردد المنخفض التي تم توليدها في المرحلة السابقة .



الشكل (٢٤٢) المراحل المختلفة المستخدمة في عملية الإرسال التليفزيوني

- ١ - مرحلة توليد الذبذبة الرئيسية الحاملة
- ٢ - مرحلة تضخم الإشارات ذات التردد العالي
- ٣ - مرحلة مضاعفة التردد .
- ٤ - مرحلة تشكيل الموجات الحاملة .
- ٥ - مرحلة تضخم نهائية .
- ٦ - مرحلة تضخم الإشارات ذات التردد السمي .
- ٧ - مرحلة تحويل الأصوات إلى إشارات بتردد سمعي
- ٨ - هوائي جهاز الإرسال .
- ٩ - مرحلة توليد الذبذبة الحاملة وتضخمها .
- ١٠ - مرحلة تشكيل الموجات الحاملة بواسطة الإشارات المسبقة

وقبل أن نتكلم عن مرحلة الإرسال التليفزيوني يجب أن نتناول بعض المشاكل الخاصة بعملية الإرسال ، وأهمها :

- ١ - مشكلة التزامن أو مشكلة ضبط التوقيت في عملية الإرسال والاستقبال التليفزيوني .
- ٢ - مشكلة انتشار موجات التليفزيونية في خطوط مستقيمة وكيفية التغلب عليها باستخدام محطات الترحيل .
- ٣ - مشكلة إرسال الصوت والصورة وكيفية استقبالها معا .

(١) مشكلة التزامن أو مشكلة ضبط التوقيت في عملية الإرسال والاستقبال التليفزيوني :

يتم إسقاط صورة الجسم المراد إرساله على شاشة الإيكونوسكوب (حاسن الموزيك) بعد تسليط الإضاءة المناسبة على هذا الجسم .

وكما سبق شرحه ، تتكون شاشة الإيكونوسكوب من ملايين الخلايا الكهروضوئية ، وكل خلية كهروضوئية من هذه الخلايا عبارة عن مكثف . وعند سقوط الصورة على الشاشة تشحن هذه الملايين من المكثفات بواسطة الخلايا انضوئية . ويعتمد نيار الشحن في كل مكثف على شدة الإضاءة الواقعة على الخلية الكهروضوئية الماظرة له . أى أن التيار يعتمد على شدة الإضاءة الواقعة على هذه النقطة من صورة الجسم التى يقع تحتها هذا المكثف . وبذلك تترجم الصورة إلى ملايين النقط المتلاصقة ، التى تمثلها ملايين المكثفات المشحونة بتيارات تتناسب شدتها مع شدة الإضاءة الواقعة على كل نقطة من الصورة . ولإرسال هذه الصورة يولد بجهاز الإرسال شعاع إلكترونى يتم توجيهه بكيفية معينة ، بحيث يقوم بمسح الشاشة نقطة وراء نقطة ، وصفاً لثلاث صفوف . وللقيام بعملية التوجيه بطريقة سليمة ومضبوطة وبسرعة معينة يزود جهاز الإرسال بملفات حارفة (ملفات موجهة) توضع فى طريق الشعاع الإلكتروني ويسلط عليها جهد له شكل أسنان المنشار لتوجيه هذا الشعاع أفقياً ورأسياً بنظام معين وبسرعة معينة .

وعندما يقع الشعاع على المكثفات المختلفة ، فإنه يؤدي إلى تفريغ هذه المكثفات الواحد تلو الآخر وبترتيب معين . وينتج من كل مكثف تيار تفريغ تتناسب شدته مع شدة الإضاءة الواقعة على هذه النقطة من الصورة التى تناظر هذا المكثف ، ثم ترسل تيارات التفريغ هذه وبنفس الترتيب إلى جهاز الاستقبال بعد تكبيرها وحملها بواسطة موجات ذات تردد عال .

ولضمان إرسال واستقبال تيارات التفريغ للمكثفات المختلفة بنفس الترتيب تستخدم بأجهزة الإرسال دوائر نبضية أو دوائر ضمان ضبط التوقيت ، تقوم بتجزئة تيارات التفريغ الناتجة . وإرسالها على هيئة نبضات متتالية ، وبترتيب معين ، للحصول فى جهاز الاستقبال على صورة مماثلة للصورة المرسله . فإذا قام الشعاع فى جهاز الإرسال بمسح أول نقطة فى الصف العلوى الأفقى للصورة من اليسار فإن تيار التفريغ الناتج من أول مكثف يرسل ليتم استقباله فى جهاز الاستقبال التليفزيونى . ويسلط هذا التيار على الملفات الحارفة فى جهاز الاستقبال ليوجه الشعاع الإلكتروني الموجود فى هذا الجهاز لإضاءة لنقطة العليا اليسرى فى الصف الأفقى العلوى لشاشة الجهاز . وهكذا نقطة وراء نقطة حتى نهاية الصف الأفقى الأول . وعندئذ ينخفض الجهد الحارفى ويتحرك الشعاع الإلكتروني بسرعة ليقوم بمسح الصف الأفقى التالى من اليسار إلى اليمين . وهكذا حتى ينتهى مسح الشاشة ويتحرك الشعاع الإلكتروني فى جهاز الاستقبال بنفس الطريقة وبنفس تزامن الشعاع الإلكتروني فى جهاز الإرسال ، وذلك عن طريق دوائر ضبط التوقيت الموجودة

فيه . وبذلك نحصل على صورة مماثلة تماما للصورة المرسله من حيث الشكل وشدة الإضاءة والترتيب .

(١) مشكلة انتشار الموجات التليفزيونية في خطوط مستقيمة وكيفية التغلب عليها باستخدام محطات الترحيل :

هناك مشكلة مرتبطة بالإرسال التليفزيوني سبق أن أشرنا إليها ، وهي أن الموجات العالية التردد جدا تسلك سلوكا شبه بصري ، أي أن الموجات تظهر كما لو أنها موجات ضوئية وليست موجات حاملة ، وتزيد هذه الظاهرة وضوحا بازدياد تردد الموجات . ومن خصائص هذه الموجات أنها تنتشر في خطوط مستقيمة .

ومعنى ذلك أن الموجات الكهرمغناطيسية الخاصة بالتليفزيون والمنبعثة من هوائى أجهزة الإرسال ، تسير في خطوط مستقيمة ، وأنها لا تسير في منحنى مواز لسطح الأرض ، أى أن هذه الموجات تباعد عن الأرض كلما زادت المسافة بين محطة الإرسال وبين أجهزة الاستقبال ، لذلك يجب أن يكون هوائى أجهزة الاستقبال أعلى وأعلى كلما بعدت المسافة عن محطات الإرسال . وحيث أن ارتفاع الهوائى لابد أن يكون محدودا لاعتبارات كثيرة من ناحية التصميم ومن الناحية الاقتصادية ، لذلك تستخدم محطات تسمى محطات الترحيل ، تعمل على جعل الموجات العالية التردد جدا والمستخدمة في الإرسال التليفزيوني قريبة من الأرض .

وتنشأ هذه المحطات عن مسافات تتراوح بين ٦٠ كيلو متر و ٨٠ كيلو متر .

ويمكن توجيه هذه الموجات باستخدام هوائيات ذات تصميم خاص (هوائيات على شكل قطع ناقص غالبا ، حيث أن القوس يوجه بواسطة مرايا) أى أن محطات الإرسال التليفزيوني تشع الموجات على هيئة موجات كهرمغناطيسية موجهة . وتقوم محطات الترحيل باستقبالها وتضخيمها ثم إعادة إشعاعها ، بحيث تبقى هذه الموجات موازية لسطح الأرض كلما أمكن ، وبذلك يمكن استقبالها من مسافات بعيدة ، انظر شكل (٢٤٣) الذى يبين كيفية وضع محطات الترحيل :



الشكل (٢٤٣) كيفية عمل محطات الترحيل

٣ - الموجات المنقشرة

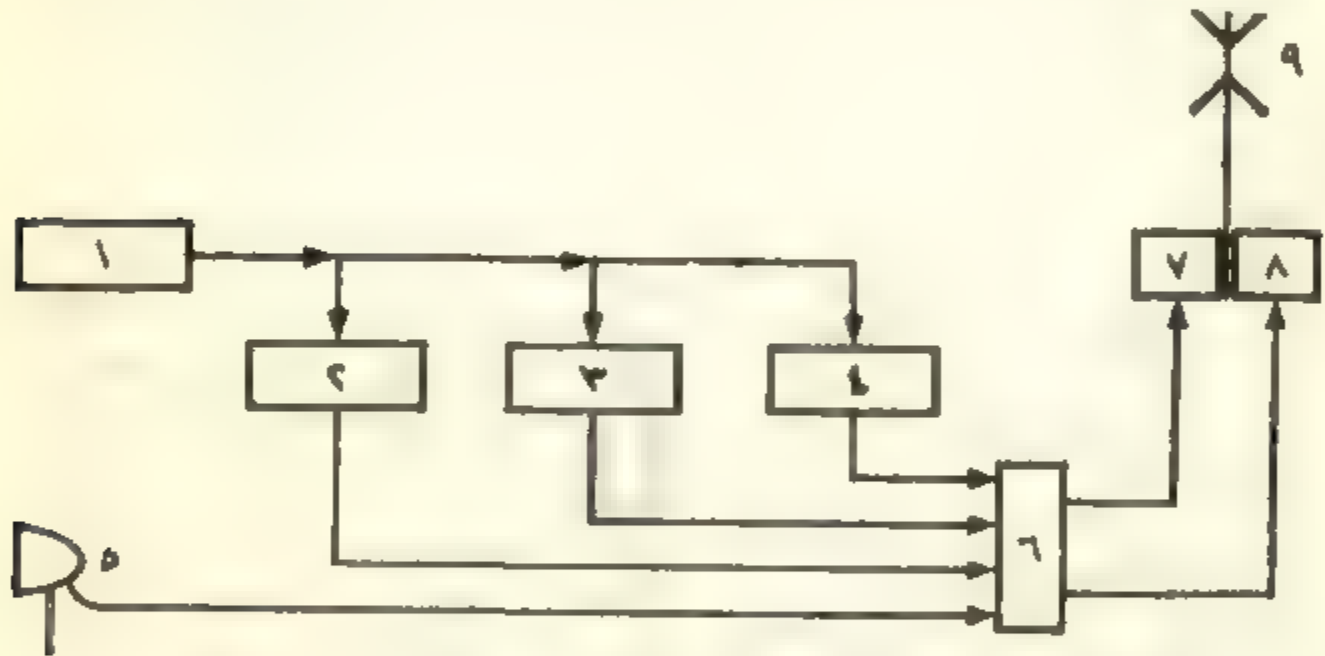
٢ - محطة ترحيل

١ - محطة إرسال

(٣) مشكلة إرسال الصوت والصورة وكيفية استقبالهما معا :

يوضح شكل (٢٤٤) رسما تخطيطيا لأحد أجهزة الإرسال التليفزيونى .

وهو يتكون من جهازى إرسال بهما مصدر مشترك للطاقة وهوائى مشترك . ويستخدم أحد هذين الجهازين فى إرسال الموجات الصوتية الخاصة بالصورة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال جدا ، وقد سبق شرح هذا الجهاز ، فى حين يستخدم الجهاز الآخر فى إرسال الموجات الصوتية المسموعة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال . والتصميم الأساسى لهذا الجهاز الأخير لا يختلف كثيرا عن تصميم أجهزة الإرسال ذات التردد العالى المستخدمة فى الراديو ، غير أن التردد المستخدم فى إرسال الصوت فى الأجهزة التليفزيونية يختلف عن التردد المستخدم فى أجهزة الراديو العادية بحوالى ٥,٥ ميغا سيكل إلى ٦,٥ ميغاسيكل حتى لا يتداخل معها .



الشكل (٢٤٤) رسم تخطيطى لجهاز إرسال تليفزيونى

- | | | |
|--------------------------|-----------------|------------------------|
| ١ - مولد النبضات | ٤ - ماسح لشرائح | ٧ - جهاز إرسال الصورة |
| ٢ - آلة تصوير (كاميرا) | ٥ - ميكروفون | ٨ - جهاز إرسال الصوت |
| ٣ - ماسح للفيلم | ٦ - مرحلة الخلط | ٩ - هوائى جهاز الإرسال |

(٢٩) أجهزة استقبال موجات الراديو ذات التردد العالى :

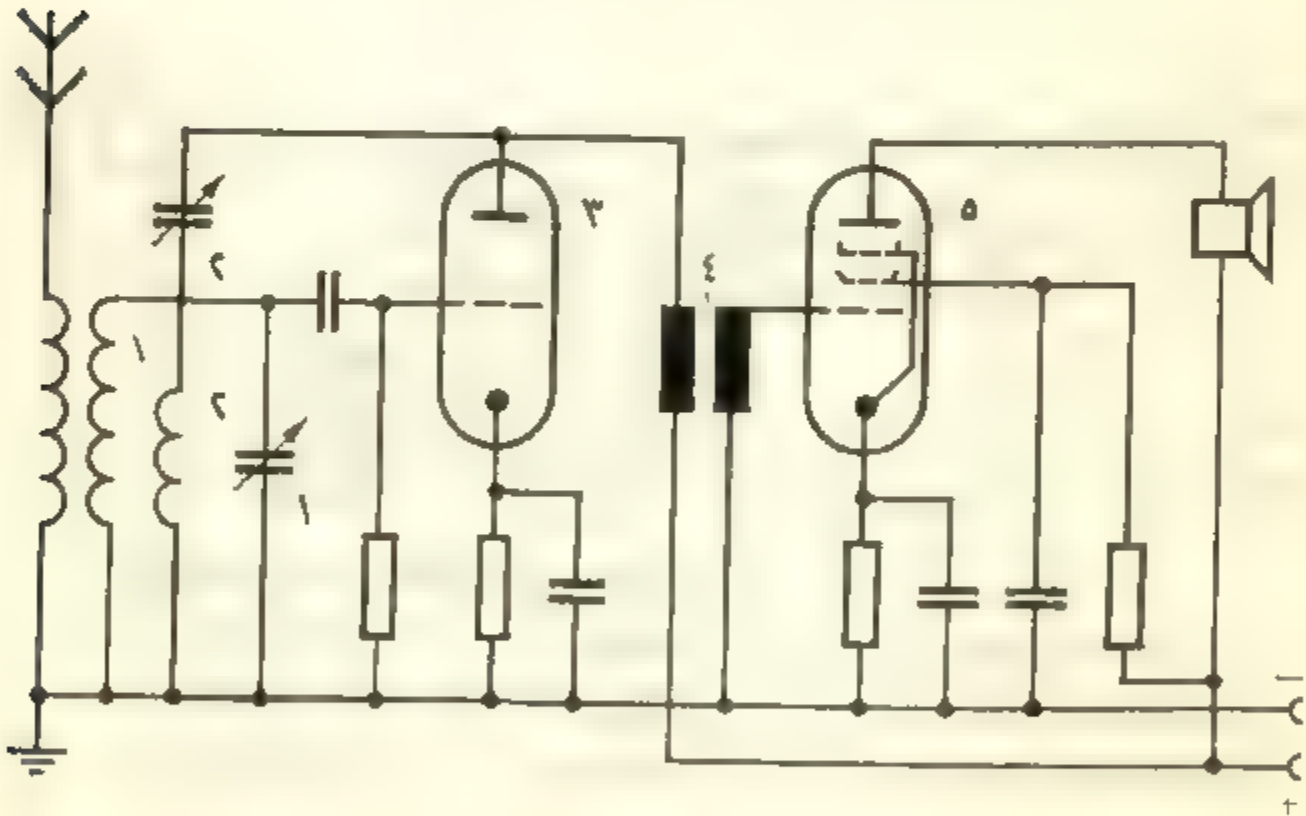
سبق أن ذكرنا عند الكلام من عملية إدماج الموجات ، أنه يجب فصل الموجات الحاملة ذات التردد العالى عن الموجات الصوتية ذات التردد المسموع ، فى أجهزة الاستقبال عن طريق عملية التقويم حتى يمكن سماعها . وتستخدم لهذا الغرض أنواع شتى من المقومات .

تم عملية فصل الموجات المسموعة عن الموجات الحاملة في الأجهزة القديمة على مرحلة واحدة . وقد أطلق على مثل هذه الأجهزة اسم « المستقبل المباشر » و « أجهزة الاستقبال ذات الدائرة الوحيدة » .

أما أجهزة الاستقبال الحديثة فتم فيها عملية التحويل (الفصل) على مرحلتين . وتسمى « أجهزة الاستقبال السوبر هترودين » وفيما يلي شرح موجز لخصائص كل نوع منهما .

أولاً : أجهزة الاستقبال المباشر ذات الدائرة الوحيدة :

يبين شكل (٢٤٥) فكرة تصميم جهاز استقبال مباشر ، وتتميز هذه الأجهزة بأن بها دائرة وحيدة تقوم بعملية التقويم والتصخير معا . ويقوم لصمام الثلاثي الكاشف الموحد في الدائرة بتوليد تيار جصى في دائرة الشبكة ، نتيجة لعملية التقويم التي يقوم بها . وهذا التيار المدر في دائرة الشبكة يتكون عادة من ثلاث مركبات . هي مركبة تيار ذات تردد عال ، ومركبة تيار مستمر ، ومركبة تيار ذات تردد منخفض (تردد مسموع) .



الشكل (٢٤٥) رسم تعطيلى لجهاز استقبال مباشر بدائرة وحيدة يستخدم فيها صمام ثلاثى وآخر خامسى

- ١ - دائرة التذبذب المكونة من ملف ومكثف متغير
- ٢ - دائرة التغذية المرتدة (المرتجة)
- ٣ - صمام ثلاثى
- ٤ - محول للإشارات ذات التردد المنخفض
- ٥ - صمام خامسى
- ٦ - المكثف من ملف ومكثف متغير

وتتم مركبة التيار ذات التردد العالي خلال المكثف المتصل بدائرة الشبكة في الصمام الثلاثي ، بينما تتم المركبتان الأخيرتان في المقاومة الموجودة في دائرة الشبكة . وعلى ذلك ينشأ خلال مقاومة الشبكة جهد متغير حسب ارتفاع وانخفاض التيار ذي التردد السمي لمار فيها . ويؤثر هذا الجهد لتغير على التيار لمار في دائرة الأنود . ويتغير باثلي تبع لتغيره ، وتحدث به نبضات أو موجات سمعية التردد مصغمة . ومماثلة للموجات الصوتية الأصلية . وتتم عملية التكبير في الصمام الثلاثي كالآتي :

يمر التيار ذو التردد السمي في مقاومة الشبكة فيظهر مضخم في دائرة الأنود . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن مركبات التيار ذات التردد العالي لمار في المكثف الموجود في دائرة شبكة الصمام الثلاثي ، يتم تكبيرها هي الأخرى في دائرة الأنود ، وعلى ذلك فإن تيار الأنودى يحتوى على تيار ذي تردد عال بالإضافة إلى التيار ذي التردد السمي . ويفيد التيار ذو التردد التالى بعد تكبيره في زيادة حساسية جهر الاستقبال ، كما يفيد أيض في عملية الانتقاء لمرور عن طريق دوائر التغذية المرتدة كما هو مبين بالشكل .

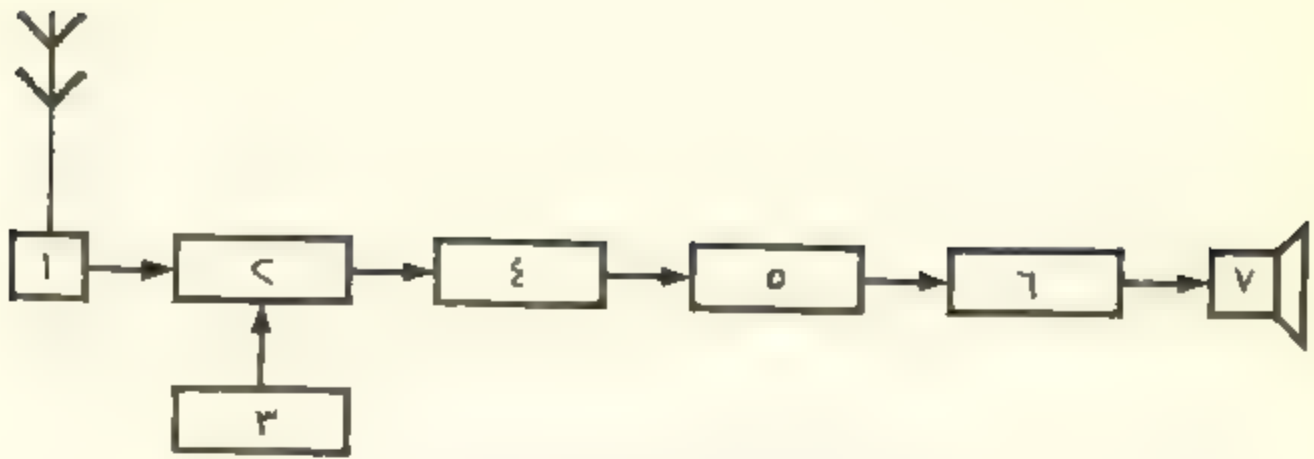
وتبدأ عملية الاستقبال في هذه الأجهزة مصطدام الاهتزازات لعلية التردد التى يلتقطها الهوائى . ثم يسلم الجهد الناتج على دائرة المدخل المولعة على الإشارة المختارة ذات التردد العالى ، حيث يتم تكبيرها في هذه الدائرة بواسطة المحال المغطى للطف المولف . وبذلك تخدم دائرة المدخل المولعة في عملية الاختيار الانتدافى ، وفصل إشارة محطة المطالوة عن المحطات الأخرى ، بالإضافة إلى عملية التكبير الأولية وفي بعض ظروف معينة يصبح المكثف لتغير لدائرة التغذية والملف المولف في حالة من الإثارة الداتية بحيث يعمل جهاز الاستقبال كما لو كان جهاز إرسال .

ثانيا : أجهزة الاستقبال السوبرهترودين (الفعل المتغاير) :

ينبنى عمل جميع أجهزة الاستقبال الحديثة على فكرة السور هترودين التى تتلخص في أن هذه الأجهزة تحول الإشارات العلية التردد المستقبلة إلى إشارات ذات تردد بينى ثابت (أى تحول إلى إشارات لها تردد يقع بين تردد الموجات الحامة وتردد الموجات المسموعة) مع ملاحظة أن التردد البينى يعتبر تردداً عاليا بالرغم من أن تردده أقل من تردد الموحاة الحاملة .

وبين شكل (٢٤٦) رسماً تخطيطي يوضح مراحل عمل جهاز استقبال سوبر هترودين .

ومن مميزات هذه الأجهزة استخدام عدد كبير من مراحل لتكبير والدوائر المولعة بى يزيد من حساسية الجهاز ودقة الاختيار والثبات ، وهى في ذلك تفوق أجهزة الاستقبال المباشر .



الشكل (٢٤٦) رسم تخطيطي لجهاز استقبال سوبر هترودين

- | | |
|--------------------------|--|
| ١ - دائرة الرنين | ٥ - مرحلة فصل الموجات السمعية عن الموجات الحاملة |
| ٢ - دائرة الخلط | ٦ - مضخم الإشارات المسموعة . |
| ٣ - مذبذب | ٧ - مكبر الصوت |
| ٤ - مرحلة التذبذب البيئي | |

وبالرجوع إلى الشكل (٢٤٦) نجد أنه في المرحلة الأولى تسلم الجهود العالية التردد التي يلتقطها الهوائي على دائرة المدخل المتذبذبة، حيث يتم اختيار الموجة المطلوبة. وفي المرحلة الثانية تخلط الإشارة الدخلة العالية التردد مع الإشارة المتولدة بواسطة جهاز الاستقبال السوبر هترودين ذات التردد العالي، والتي يمكن إنتاجها في المرحلة الثالثة. وبعد تركيب الإشارتين معا في المرحلة الثانية (مرحلة الخلط) تمر الإشارتان المركبتان إلى المرحلة التالية رقم (٤) التي تسمى مرحلة التردد المتوسط والتي فيها يعبر تردد الموجات الحاملة التي لم تفصل بعد إلى موجة بتردد قيمته ٤٦٨ كيلو سيكل في الثانية. ثم يسمح للإشارة التي تحمل هذا التردد البيئي بعد تكبيرها بالمرور إلى المرحلة (٥) لتحويلها إلى إشارة ذات تردد سموع، وهذه المرحلة تسمى مرحلة الكشف أو الفصل. ويستخدم في هذه المرحلة عدد من المرشحات يسمح بمرور موجات ذات نطاق معين من التردد فقط، وبعد ذلك تكرر الإشارة ذات التردد المسمى مرة أو مرتين في المرحلة (٦). ويستخدم لذلك مضخمات للإشارات ذات التردد المنخفض، ومنها إلى المرحلة (٧) أو إلى مكبر الصوت.

والمرشحات المستخدمة في هذا المجال أهمية خاصة وتتكون عادة من دئرقى تذبذب مولفتين معا بطريقة معينة، بحيث تسمح فقط بمرور موجات ذات نطاق معين من التذبذبات. وتعتبر قيمة التردد البيئي المتوسطة، ٤٦٨ كيلوسيككل، من أهم العوامل التي تساعد على استخدام مثل هذه المرشحات بكفاءة، والتي تسمح بمرور الموجات ذات النطاق المعين من التردد، وتمنع

ماعدائها من الإشارات ذات الترددات المختلفة . ويؤدي هذا بآثلى إلى زيادة لحساسية والثبات لهذه الأجهزة .

(٢٠) أجهزة الاستقبال التليفزيونى :

سبق أن أوضحنا أن أجهزة الإرسال التليفزيونى تتكون من جهازى إرسال هما مصدر مشترك للطاقة وهوائى مشترك . ويستخدم أحدهما للجهازين فى إرسال الموجات المرئية بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال جدا . بينما يستخدم الجهاز الآخر فى إرسال الموجات الصوتية المسموعة بعد إدماجها فى موجات حاملة ذات تردد عال أيضا .

ويبين شكل (٢٤٧) أساس تصميم جهاز استقبال تليفزيونى . ومن الرسم يتضح أن أجهزة الاستقبال التليفزيونى تتكون أيضا من جهازى استقبال ، هما هوائى مشترك ومضخم أولى مشترك . وتتمر الموجات الحاملة للصوت والضوء ، بعد اصطدامها بالهوائى المشترك فى جهاز الاستقبال ، إلى ملفات الهوائى ، ومنها إلى دوائر الاختيار ، حيث يتم اختيار الموجات المطلوب تضخيمها .

ثم تفصل الموجات الحاملة للإشارات الصوتية عن الموجات الحاملة للإشارات الضوئية ، وتدخل الموجات الصوتية على جهاز استقبال صوتى ، بينما تدخل الموجات الضوئية على جهاز استقبال ضوئى .

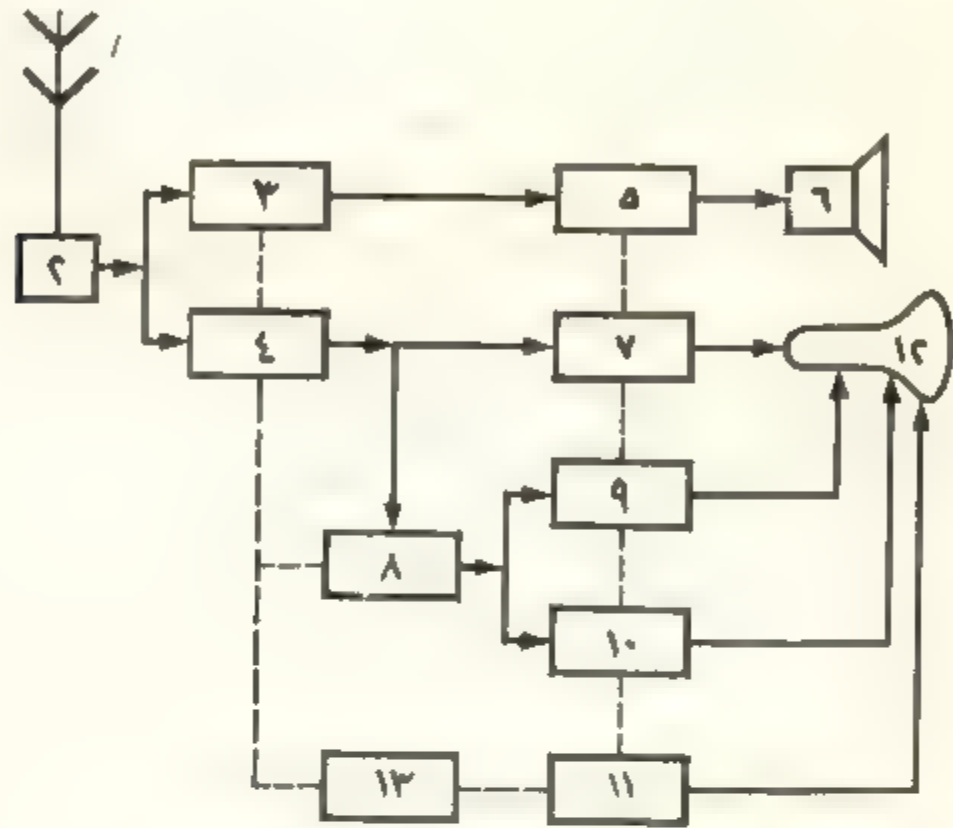
وتصميم جهاز الاستقبال الصوتى المستخدم فى أجهزة التليفزيون يشبه إلى حد كبير تصميم أجهزة استقبال الراديو التى سبق شرحها .

أما تصميم أجهزة لاستقبال الضوئى فهى لا تختلف عن أجهزة الإرسال التليفزيونى .

ونضيف هنا أنه توجد كذلك بأجهزة الاستقبال التليفزيونى ملفات حارفة، أو ملفات كاسحة تغذى بجهد متردد له شكل أسد المنشار . ويسلط هذا الجهد (كما سبق شرحه) على الملفات الحارفة الرأسية التى تسبب انحراف الشعاع الإلكترونى الكاسح من اليسار إلى اليمين مثلا . وعند وصول الشعاع إلى نهاية الصف ينحفض الجهد المسلط على الملفات الحارفة الرأسية ، ويسلط على الملفات الحارفة الأفقية جهد يؤدي إلى سقوط الشعاع إلى لصف التالى، ثم يعود سريعا إلى الجانب الأيسر . وفى هذه اللحظة يسط الجهد على الملفات الحارفة الرأسية مرة ثانية ، حتى يقوم الشعاع بمسح (إدارة) لخط الأفق التالى من اليسار إلى اليمين نقطة وراء نقطة، وهكذا ، وينفس الترتيب ، وينفس شدة التيار الموجود فى كل نقطة من نقط شاشة جهاز الإرسال .

وتقوم دوائر ضبط التوقيت (الدوائر الباصنة) التى سبق شرحها - بعملية التزامن المطلوب بين الشعاع الإلكترونى فى جهاز الإرسال والشعاع الموجود فى جهاز الاستقبال ، وبذلك نحصل على صورة متماثلة مع الصورة المرسله . ويبين شكل (٢٤٨) جهد مترددا له

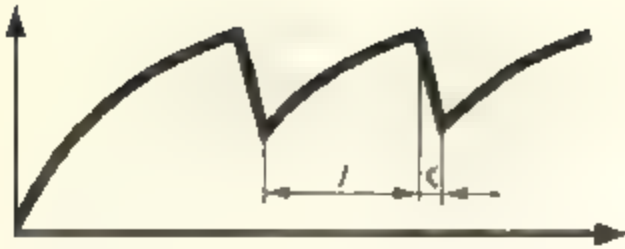
شكل أستان المنشار . ولتحصول على صورة متحركة كاملة في التليفزيون ، (كما يحدث في الفيلم السينمائي) فإنه يجب عرض أكثر من ١٦ صورة في الثانية على العين البشرية . ويعرض جهاز التليفزيون ٢٥ صورة في ثانية .



الشكل (٢٤٧) رسم تخطيطي لمرحل جهاز استقبال تليفزيون :

- ١ - هوائي جهاز الاستقبال
- ٢ - مضخم الإشارات ذات التردد العالي
- ٣ - مرحلة فصل الموجات السمعية (الصوت) عن الموجات الحاملة
- ٤ - مرحلة فصل موجات الإشارات البصرية (الصورة) عن الموجات الحاملة .
- ٥ - مضخم الإشارات ذات التردد المنخفض .
- ٦ - مكبر الصوت .
- ٧ - مضخم نبضات التزامن .
- ٨ - مضخم عملية التزامن
- ٩ - مولد جهد الملفات الحارفة الأفقية لتوجيه الشعاع رأسياً .
- ١٠ - مولد جهد الملفات الحارفة الرأسية لتوجيه الشعاع أفقياً
- ١١ - مولد الذبذبة العالية .
- ١٢ - صمام الصورة
- ١٣ - مصدر الطاقة الكهربائية

الشكل (٢٤٨) نموذج لهدف نه شكل أسنان
المشار يستخدم في توجيه الشعاع الإلكتروني
١ - الاتجاه الأمامي للشعاع .
٢ - الاتجاه الخلفي للشعاع (الذي يؤدي
إلى مقطعه)



وحيث أنه يوحد بالتليفزيون ٦٢٥ خطاً مسطحاً أفق للصورة الواحدة ، فإن إرسال ٢٥ صورة في الثانية ؛ يعنى أن الشعاع الإلكتروني يجب أن يمسح ٦٢٥ خط . صف وراء صف في $\frac{1}{2}$ من الثانية . وللمحصل على صورة جيدة ، فإن الشعاع الإلكتروني لايقوم بمسح الخطوط بطريقة متتالية ، أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ . إلخ ، على التوالي ، وإنما يقوم بعملية مسح ، نسمى المسح المتشاك أى مسح الخطوط ١ ، ٣ ، ٥ ، إلخ ، ثم ٢ ، ٤ ، ٦ ، إلخ . وبهذه الكيفية يمكن تحاشي الارتعاش الذي يحدث نتيجة للمسح المتوالى .

(٣١) هندسة الرادار :

أساسيات هندسة الرادار :

تعنى كلمة ارادار الكشف وتحديد المواقع ، أو تحديد المدى بواسطة موجات الراديو . والرادار هو نظام من الأجهزة الإلكترونية الدقيقة . ويتوقف عمله على أن معظم الأجسام تستطيع أن تعكس كمية كافية من طاقة الأمواج اللاسلكية القصيرة التى تصطدم بها . وعلى ذلك تلتخص عمل أجهزة الرادار فى إرسال الموجات اللاسلكية واستقبالها بعد اصطدامها بالأجسام . ويقوم جهاز الإرسال فى الرادار بإطلاق نبضات من الأمواج اللاسلكية المألغة القصير ، مثل الموجات الاندسمترية أو الموجات السنتيمترية . وترسل النبضات على فترات قصيرة جداً وفى تناوب ثابت . وعلى سبيل المثال ، يمكن أن تكون مدة استمرار النبضة مساوية لنصف الفترة التى تفصل بين النبضة والنبضة التالية لها . ويطلق قطار الموجات (سلسلة النبضات) إلى الفضاء فى اتجاهات معينة ، وعدم تقبل هدفاً فإنها تنعكس ويلتقطها جهاز الاستقبال أى أن هوائى جهاز الاستقبال يقوم بالتقاط صدى النبضات المرتدة . ويمكن تحديد بعد الهدف عن جهاز الإرسال بحساب الزمن المنقضى بين إرسال الموجة واستقبالها (بمعلومية سرعة انتقال الأمواج اللاسلكية) .

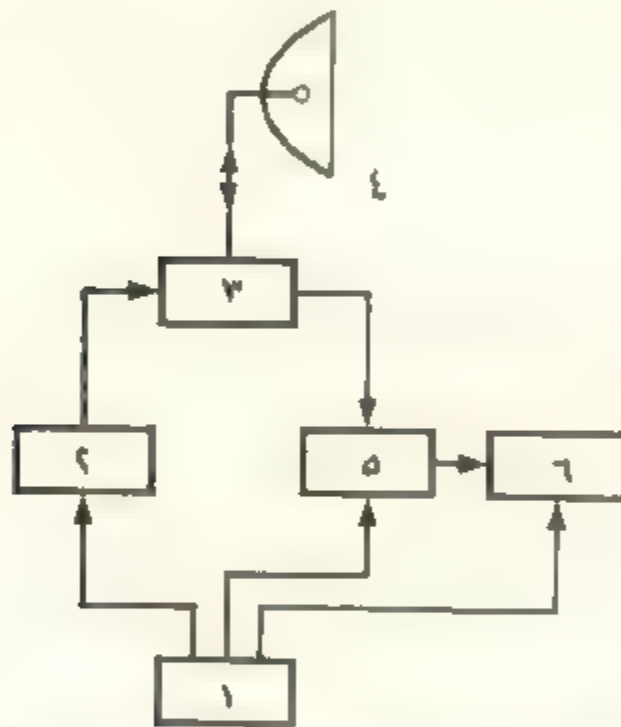
ومن الصعوبات التى صاحبت تصميم الرادار ما يأتى :

(١) إن عودة صدى الموجات المنعكسة يتم فى مدة وحيزة نسبياً ، (حتى ولو كانت المسافة بين الهدف والمرسل بعيدة) . ويتطلب قياس هذه المدة القصيرة استخدام أجهزة إلكترونية خاصة وذات دقة عالية .

(ب) إن الطاقة الناتجة من اصطدام الموجات المرئية هوائى أجهزة الاستقبال منخفضة للغاية ، ويتطلب ذلك استخدام أجهزة استقبال دقة احساسية مع استخدام مصغرات ذات كفاءة عالية .

التصميم الأساسى لمعدات الرادار :

يبين شكل (٢٤٩) رسماً تخطيطياً لمراحل الإرسال والاستقبال المستخدمة في معدات الرادار . وأولى هذه المراحل توليد النبضات بواسطة مولد يقوم بإرسالها إلى جهاز الإرسال القوى . وتقوم بلورات بالتحكم في تردد هذه النبضات وتنظيم فترات استمرارها وتستخدم هذه البلورات أيضا في تحديد الأربعة التي تفصل النبضات عن بعضها البعض ويتم إشعاع هذه النبضات في الفضاء عن طريق هوائى جهاز الإرسال .



الشكل (٢٤٩) رسم تخطيطى لجهاز رادار

- ١ - مولد النبضات
- ٢ - جهاز الإرسال .
- ٣ - مفتاح مغير لاستقبال الهوائى مرة في الإرسال ومرة أخرى في الاستقبال
- ٤ - هوائى .
- ٥ - جهاز استقبال .
- ٦ - جهاز أوسيلو جراف بشعاع كاثودى



- الشكل (٢٥٠) مبین بعد طهدف باستخدام جهاز أوسيلو جراف
- ١ - النبضات المرسله
- ٢ - صدی النبضة المرسله (النبضة المرتقة)
- ٣ - مبین بعد طهدف عن جهاز الإرسال .

وبمجرد انطلاق حزمة النبضات الأولى يجب أن يقطع الإرسال ، كما يجب أن ينقطع الإتصال بين الهوائى والمرسل طوال لفترة التي تفصل بين النبضات وبعضها البعض ، ويقوم المرسل

خاملا حتى يتمكن جهاز الكشف (جهاز الاستقبال) من التقاط الإشارة المرتدة من الهدف .
ويجب أن يكون زمن هذه الفترة كافيا ليتمكن رؤية صورة الهدف على شاشة صمام الأشعة
الكاثودية (الأوسيلوجراف) ، والتقاط صورة فوتوغرافية للهدف إذا لزم الأمر

ويبين شكل (٧٥٠) صورة البصت التي استقبلت بواسطة الجهار بعد رسمها على شاشة
الأوسيلوجراف . ويلاحظ هنا أن توجيه هوائي أجهزة الرادار له تأثير هام في عمية الإرسال
والاستقبال . ولهذا السبب تستخدم هوائيات على شكل قطع ناقص في معظم الحالات . وبفضل
هذا التصميم أصبح لتلك الهوائيات قدرة على التركيز المؤثر للموجات الكهرمغنطيسية القصيرة
جدا والتقاطها وإرسالها

استعمال معدات الرادار :

١ - يستخدم الرادار بجانب الأغراض الحربية في عدة أغراض مدنية هامة منها مسح الأراضي
بواسطة المستقبلات البانورامية .

تعتبر هذه الأجهزة تحسب للمعدات السابق وصفها . وهذه المعدات تستخدم في عمليات
مسح الأرض ، وتحديد المواقع من لطائرات وخاصة في حالة تعذر الرؤية ويمكن لهذه
الأجهزة تصوير الأماكن المراد مسحها ، ومشاهدة صورها على شاشة صمام الأشعة الكاثودية
(الأوسيلوجراف) ، والتقاط صورة فوتوغرافية لها إذا لزم الأمر .

وتستخدم في معدات الرادار الحديثة هوائيات ، تدور حول محور رأسي . ودورن هذه
الهوائيات يتم في تزامن مع دوران ملفات توجيه الشعاع الكاثودي الموجود حول عنق شاشة
صمامات الصورة . ويمكن مشاهدة تفاصيل الصورة المرتدة على شاشة أجهزة الاستقبال بواسطة
صدى نبضات الموجات المرسله بعد التقاطها ، ولوضوح تفاصيل الصورة يفضل تزويد شاشة
أجهزة الاستقبال بمواد فلورسنتية ذات خواص معينة . تتميز بقدرتها على إبقاء الصورة لمدة
كافية وبوضوح تام حتى يمكن أخذ صورة لها .

٢ - تنظيم حركة المرور الجوية :

بالإضافة إلى استخدام الرادار في الدفاع الجوي ، فإن المستقبلات البانورامية تستخدم أيضا
في تنظيم حركة المرور الجوية ، حيث يمكن بواسطة هذه المعدات تحديد ارتفاع وبعد الطائرات
عن أماكن الهبوط . ويتم هذا التحديد بسرعة وبسهولة متناهية . وترسل هذه المعلومات إلى
الطيار لمساعدته على الهبوط بسلام . وقد تستخدم هذه المعلومات في بعض الأحيان لتزود بها
الأجهزة المستخدمة في هبوط الطائرات تلقائيا (الهبوط الأعمى) . وبفضل هذه الأجهزة ،
أصبح الهبوط في الضباب عملية ممكنة وسهلة نسبيا .

٣ - تنظيم حركة الملاحة البحرية :

تمن نظام الملاحة البحرية إلى درجة كبيرة باستخدام معدات الرادار البانورامية .
وأصبح الدخول إلى الموانئ أقل خطورة ، وخاصة في حالة وجود ضباب كثيف أو عند تعذر
الرؤية أثناء الليل .

٤ - أبحاث الفضاء :

يستخدم الرادار في تحديد المسافات بين الأجرام السماوية ، كما يستخدم في متابعة القذائف
الصاروخية والأقمار الصناعية بدقة متناهية ، ويرجع ذلك إلى أن جهاز الرادار يمكنه أن يستقبل
صدى النبضات المرسلة بعد اصطدامها بالأهداف البعيدة ، حتى ولو كانت على بعد يزيد على ١٠٠
مليون كيلومتر من مكان جهاز الاستقبال .

الباب الخامس

مصادر تغذية أجهزة الإرسال والاستقبال بالتيار المستمر

(٢٢) تصنيف مصادر تغذية أجهزة الإرسال والاستقبال :

تحتاج المضخمات وأجهزة الاستقبال والإرسال والمعدات المستخدمة في هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية إلى تيار مستمر وتستخدم لهذا الغرض عدة أنواع من مصادر الطاقة الكهربائية ، التي تمد هذه المعدات بالتيار المستمر المناسب. وقد سبق شرح هذه المصادر ، وأهمها .

(أ) مصادر الطاقة الكهركيميائية ، مثل الخلايا لانتدائية والثانوية ، التي تقوم عدة بتغذية أجهزة الإرسال والاستقبال الصغيرة الحجم ذات القدرات الضعيفة ، والتي يطلق عليها أحياناً اسم المستقبلات الجيكية أو المستقبلات السهلة الحمل .

(ب) مجموعة المحرك - مولد التي يستخدم فيها عادة محرك ثلاثي الأطوار لإدارة مولد تيار مستمر . وتصمم مثل هذه المجموعات لتغذية معدات هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية الكبيرة الحجم ذات القدرات العالية .

(ج) التيار المستمر الناتج من عمليات التفويم (التوحيد) للتيار المتردد . ويستخدم مثل هذا التيار في الأجهزة الثابتة والأجهزة المتوسطة الحجم .

(٢٣) المشاكل المتعلقة بالتيار المستمر الناتج من تفويم التيار المتردد :

عند تصميم جهاز من أجهزة الاستقبال أو الإرسال ، يفضل دائماً تحديد مصدر التيار المستمر الذي يستخدم فيه ، ويتم ذلك بالإحاطة على السؤالين الآتيين :

١ - هل استخدام مصدر الطاقة الكهركيميائية في هذا الجهاز اقتصادي أم لا ؟ ولماذا
على هذا السؤال نقول : إنه من المعروف أن مصادر الطاقة الكهركيميائية تستخدم بصفة رئيسية في تغذية الأجهزة الصغيرة الحجم ذات القدرات الضعيفة .

٢ - ما هي مواصفات التيار المستمر الذي يمكن الحصول عليه من مجموعة المحرك - مولد ومن عمليات التفويم ، وذلك إذا قورنت بمواصفات التيار المستمر الذي نحصل عليه من مصادر الطاقة الكهركيميائية ؟ .

من المعروف أيضا أن التيار المستمر الذى يحصل عليه من مجموعة المحرك - مولد ، أو من عملية تقويم التيار المتردد ، عبارة عن تيار نابض متغير الشدة ، به تموجات شديدة ولذلك لا يصح استخدام هذا التيار المستمر على حالته، وخاصة في الأجهزة التى تستدعى ثبوت التيار وحلوه من التموجات ، كأجهزة الراديو والتليفزيون ، أو أى نوع من أنواع الأجهزة التى تستخدم في المضخمات . ويرجع ذلك إلى أن هذه التموجات تؤدي إلى وجود تداخل على هيئة أصوات مهمة أو صغير في سماعات الأذن أو في المكبر . ويجب ملاحظة أن هذه الأصوات تكبر وتصخم بواسطة الصمامات الإلكترونية أو الترانزستور

وبذلك تستخدم المرشحات المناسبة التى توصل (على التوالي أو على التوازي) مع المقومات (الموحدات) أو المولدات ، بحيث يحصل على تيار مستمر باعم أملس خال من انضبات أو لتموجات، أى نحصل على تيار مستمر يشبه إلى حد كبير التيار الناتج من المصدر الكهر كيميائية . وبذلك نمنع الشوشرة أو التداخل الذى يؤدي إلى التأثير على سلامة السمع كلما ازدادت شدة تموجات التيار المستمر .

(٢٤) مرشح الموجات :

يوضح شكل (٢٥١) رسما تخطيطيا لدائرة مرشح الموجات المستخدم لتنعيم التيار المستمر النابض حتى يمكن استعماله في تغذية أجهزة الراديو أو المعدات المستخدمة في هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية .

وتتكون دائرة المرشح عادة من ملف خائق ومكثف لتنعيم .

ولشرح كيفية عمل المرشح ، فبينا سناخذ حالة تيار مستمر نابض نصف موجى مطلوب تنعيمه بواسطة المرشح المبين بالشكل (٢٥١) . وفيه يشحن المكثف (٢) خلال النصف الأول للموجة وتخزن الشحنة طوال فترة ارتفاع (نمو) جهد المدح حتى يصل إلى نهايته القصوى . ويجب أن نلاحظ أن عملية شحن مكثف تتم بالتدريج ، نظرا لترايد المحل الكهربائي المتكون بالمكثف، مما يؤدي إلى تأخير معدل الزيادة الكبيرة في ارتفاع الجهد . وعندما يصل جهد المدح إلى نهايته القصوى ويبدأ في الانخفاض ، يبدأ المكثف في تفريغ حره من طاقته المخزونة . ولا يتم التفريغ بطريقة فجائية ظرا لوجود الملف الخائق في طريق تيار التفريغ ، حيث أن هذا الملف يتميز بممانعة كبيرة تؤدي إلى تأخير معدل التفريغ ، ويؤدي هذا التأخير إلى تقليل معدل إنخفاض جهد المدح . وهذه الطريقة يقلل معدل الزيادة والانخفاض في جهد المدح . ويتضح من الشكل (٢٥٢) أن الجهد الناتج بعد عملية الترشيح لا تصل قيمته القصوى إلى نفس القيمة القصوى لجهد المدح النابض، وإنما يقل عنها، كى أن أقل قيمة له لا تصل إلى الصفر، أى تتم عملية تسوية للجهد الناتج من لترشيح، بحيث لا يرتفع ولا ينخفض بشكل ظاهر . وبذلك نحصل على

جهد أكثر ثباتاً ونعومة من جهد المنبع . غير أنه يعاب على هذا الجهد الناتج من عملية الترشيح ، وجود تموجات في جزئه العلوى لها ترددات عالية . لذلك يستخدم مع دوائر الترشيح ، دوائر أخرى يطلق عليها دوائر التنعيم ، ويمكن بواسطة هذه الدوائر التخلص من التموجات العالية التردد الموجودة في الجزء العلوى من التيار أو الجهد الناتج من الترشيح . وتتكون دوائر التنعيم من ملف ومكثف لتنعيم (٤) يوضعان ناحية الخرج من دائرة الترشيح . ويوضح الشكل (٢٥١) دائرة التنعيم والترشيح معا . ويفيد ملف التنعيم في مقاومة مرور الجزء العلوى من التيار ذو الترددات الكبيرة ، حيث أن عمانته تزيد بزيادة التردد ، كما أن مكثف التنعيم يؤدي هو الآخر إلى تقليل معدل ارتفاع وانخفاض التموجات ، وبذلك نحصل في النهاية على تيار مستمر خال من التموجات بقدر الإمكان ، ويشبه إلى حد كبير التيار المستمر الذي نحصل عليه من مصادر الطاقة الكهركيميائية .



الشكل (٢٥١) مرشح الموجة

- | | |
|----------------|-------------------------|
| ١ - من المقوم | ٤ - مكثف التنعيم |
| ٢ - مكثف الشحن | ٥ - إلى أجهزة الاستقبال |
| ٣ - ملف حائق | |

الشكل (٢٥٢) يبين الخط المتواصل الجهد الناتج بعد الترشيح ، بينما يبين الخط المتقطع الجهد التابصر قبل الترشيح



المبحث السادس

طرق الاتصال السلكية واللاسلكية

ترسل المعلومات أو الإشارات الكهربائية إما بالطرق السلكية أو الطرق اللاسلكية .

أولا : طرق الاتصال السلكية :

وفيها تنقل المعلومات والإشارات من المرسل إلى المستقبل باستخدام الكبلات الأرضية أو الخطوط العلوية ، أى بواسطة الأسلاك .

ويختلف نوع هذه الأسلاك وتصميمها باختلاف المعلومات المرسلة والمسافة بين المرسل والمستقبل . فتستخدم الخطوط العلوية المركبة على أعمدة في نقل المعلومات والإشارات التليفونية أو التلفزيونية في الأماكن الخلوية وفي القرى ولوصل البلدان بعضها ببعض . ويحمل حمل الخطوط العلوية كبلات أرضية في المدن لسهولة التوصيل وقلة نفقات الإنشاء . وقد تستخدم في هندسة التليفونات دائرة مكونة من سلك واحد فقط مع استخدام الأرض كسلك رجوع . وهذا الاستخدام منتشر في الأفراس الحربية .

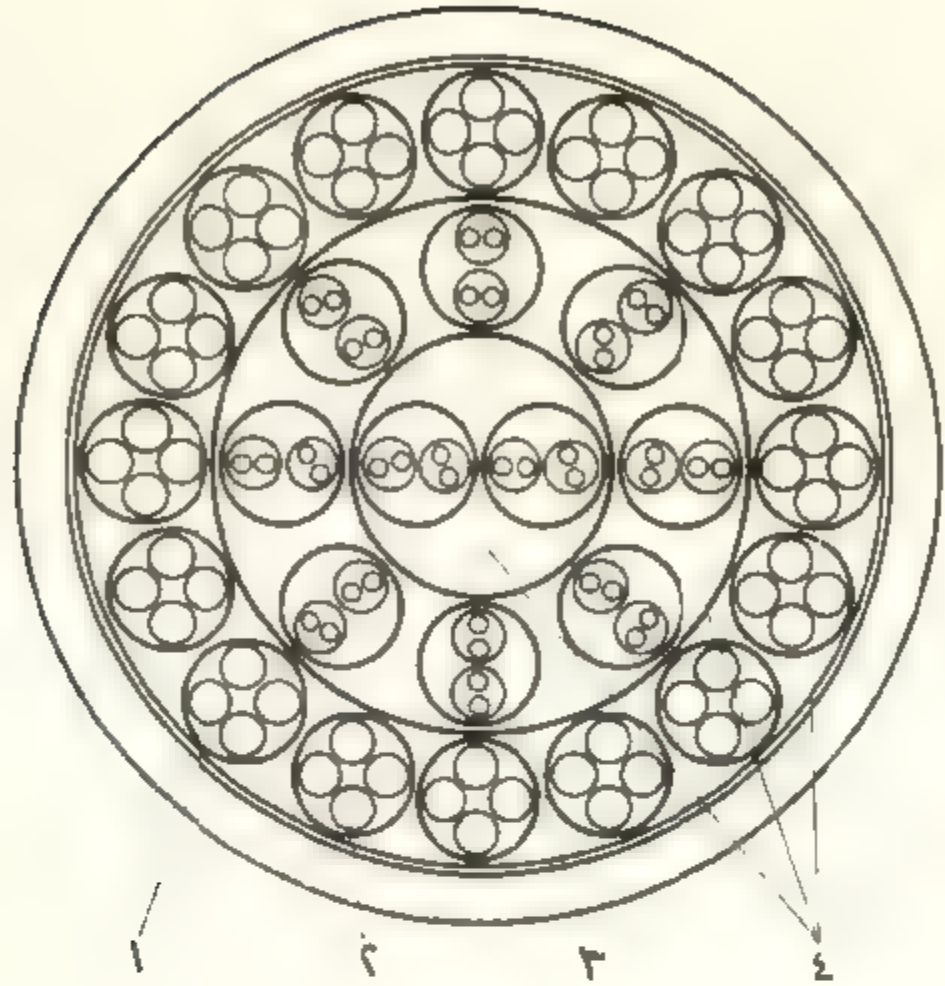
(٣٥) الكبلات المحلية وكبلات الترنك :

الكبلات التي تصل المدن بعضها البعض داخل المدن تسمى الكبلات المحلية ، أما تلك المستخدمة لتوصيل المكائنات التليفونية بين المدن أو بين الدول تسمى كبلات الترنك .

ويتميز تصميم التليفونات الأتوماتيكية الحديثة بما يعرف بالتبادل التليفوني ذي الكفاءة العالية . وهذا السبب تتألف الكبلات الأرضية المستخدمة في توصيل التليفونات بعضها مع بعض داخل المدن من أعداد كبيرة من أزواج الأسلاك المستخدمة لهذا الغرض . وتحتوى مثل هذه الكبلات ، في بعض الأحيان ، على ما لا يقل عن ١٠٠٠ زوج من الموصلات الخاصة بحوالى ٢٠٠٠ تليفون .

أما كبلات الترنك ، أى الكبلات المستخدمة في توصيل التليفونات بين بلد وآخر ، فيصل عدد أزواج الأسلاك التي تحتوى عليها إلى ١٧٠ زوج من الموصلات .

ويوضح شكل (٢٥٣) قطاعا في أحد كبلات الترنك .



الشكل (٢٥٣) قطاع لكبل محوري قنر نك

- ١ - غلاف من الرصاص
- ٢ - كبل رباعي (به أربعة موصلات)
- ٣ - كبل توأم رباعي
- ٤ - ورق عازل

ولزيادة كفاءة التوصيل التليفوني ، تشي أسلاك التوصيل المستخدمة في التليفونات بطريقة معينة . ويؤثر طول الكبلات ، وطريقة ثني الأسلاك ، في كفاءة المحدثات التليفونية ، وذلك نتيجة لتأثيرها على سعة المكثفات وعن قيمة الممانعات المستخدمة في اللوائر التليفونية . ولزيادة كفاءة الاتصال التليفوني تستخدم بعض الملفات التي توضع على مسافات معينة من الأسلاك التليفونية (كل ٢ كيلو متر تقريبا) ، بهدف زيادة قيمة الحث لمحط التليفوني . كما يفضل تركيب مضخمات من الصمامات الإلكترونية أو الترانزستور على مسافات تتراوح بين ٧٥ ، ١٠٠ متر (تبعا لطراز الكبل المستخدم) إذا زاد طول الكبل على حد معين .

(٣٦) حمل المكالمات التليفونية بالتردد العالى :

تستخدم تيارات ذات تردد عال فى حمل المكالمات التليفونية المرسله إلى مسافات بعيدة .
وتستخدم فى نقل مثل هذه التيارات كبلات خاصة يطلق عليها اسم الكبلات المحورية (المتحدة المحور) أو الكبلات الأنبوبية . وفى هذه الكبلات يأخذ الموصل الخارجى شكل الطوق ويحيط الموصل الخارجى بالموصلات الداخلية . ويوضع كل موصل من الموصلات الداخلية فى مركز قرص من البلاستيك ، وتوضع الأقراص البلاستيك متجاورة ، كما هو مبين بالشكل . ويمكن استخدام مثل هذه الكبلات فى حمل ما لا يقل عن ٤٠٠ مكالمة فى كل كبل تقريبا . ويتم ذلك بالطريقة الآتية :

تركب المكالمة أو تحمل بواسطة التيارات ذات التردد العالى ، باستخدام طرق الإدماج أو التشكيل التى سبق شرحها . أى تحمل المكالمة فى كل كبل بواسطة تيارات ذات تردد عال يتم إدماجها فيها .

ولمنع عملية تداخل المكالمات الموجودة فى كبل واحد مع بعضها البعض يستخدم فى حمل كل نوع من أنواع المكالمات التليفونية تيار ذو تردد عال يختلف فى تردده عن التيار الحامل للمكالمات التليفونية الأخرى ، ويمر كل تيار فى خط من خطوط هذا الكبل .

ولتأكد من عدم وجود شوشرة أو تداخل بين الخطوط ، يفضل أن يكون الفرق بين تردد للتيارات المختلفة الحاملة للمكالمات التليفونية ٤ كيلو سيكل فى الثانية على الأقل . فإذا كان تردد التيار الحامل لإحدى المكالمات ١٠ كيلو سيكل مثلا ، فإن تردد التيار الحامل للمكالمة الثانية يكون ١٤ كيلو سيكل ، وهكذا . وهذه الكيفية يمكن استخدام الكبل المحورى لحمل أكثر من ٤٠٠٠ مكالمة مركبة على بعضها البعض .

وفى نهاية الكبل المحورى ، يفصل التيار ذو التردد المسموع عن التيار ذو التردد العالى . وترسل المكالمة بعد ذلك خلال الكبلات المحلية إلى أجهزة التليفون .

ثانيا : طرق الاتصال اللاسلكية :

وفىها تنقل المعلومات والإشارات من المرسل إلى المستقبل عبر الفضاء باستخدام الموجات الكهرمغناطيسية . وقد سبق أن بينا خواص الموجات الكهرمغناطيسية ذات التردد العالى المستخدمة فى حمل التيارات ذات التردد المسموع ، حتى يمكن إرسالها خلال الفضاء . كما بينا العلاقة بين التردد وطول الموجة فى هذه الموجات اللاسلكية عند الكلام عن مدى الإرسال اللاسلكى . وللمعرفة كيفية انتشار الموجات الكهرمغناطيسية فى الجو يجب أن نفهم طبيعة الغلاف الجوى .

(٣٧) الغلاف الجوي :

يتكون الغلاف الجوي من النيتروجين والأكسجين والهيدروجين وبعض الغازات الأخرى . وتبلغ كثافة الهواء أقلها على سطح الأرض ، حيث يقوم الهواء بدور العازل .

والغلاف الأرضي هو الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ، ويمتد إلى ارتفاع يتراوح بين ١٠ ، ١٤ كيلو متر . أما في الطبقات العليا فيبدأ الهواء في التحلل والتأين . وهذه الطبقات العليا غير متجانسة . ويختلف سمك ودرجة توصيل طبقات الغلاف الجوي (الغلاف الأيوني) باختلاف ارتفاعها عن سطح الأرض ، كما تختلف أيضاً من وقت لآخر أثناء النهار ، وأثناء الليل ، وعلى مدار السنة .

وتتحكم خصائص الغلاف الجوي ، والمواصف ، وغيرها ، في انتشار موجات الراديو .

(٣٨) الموجات السماوية والموجات الأرضية :

سبق أن بينا أن موجات الكهرومغناطيسية ذات الموجة الطويلة جداً (بتردد منخفض جداً) والموجات الطويلة (بتردد منخفض) تنتشر موازية لسطح الأرض ، ويطلق عليها اسم الموجات الأرضية . أما الموجات القصيرة والموجات القصيرة جداً فتنتشر زاوية على سطح الأرض ويطلق عليها اسم الموجات الفضائية (الموجات السماوية) . أما الموجات المتوسطة فتنتشر أثناء النهار موازية لسطح الأرض ، أي تصح موجات أرضية ، وتنتشر أثناء الليل زاوية على سطح الأرض (أي تتحول إلى موجات فضائية) ، انظر الشكل (٢٥٤) .

وبذلك يمكن تقسيم الموجات الكهرومغناطيسية تبعاً لكيفية لانتشار إلى .

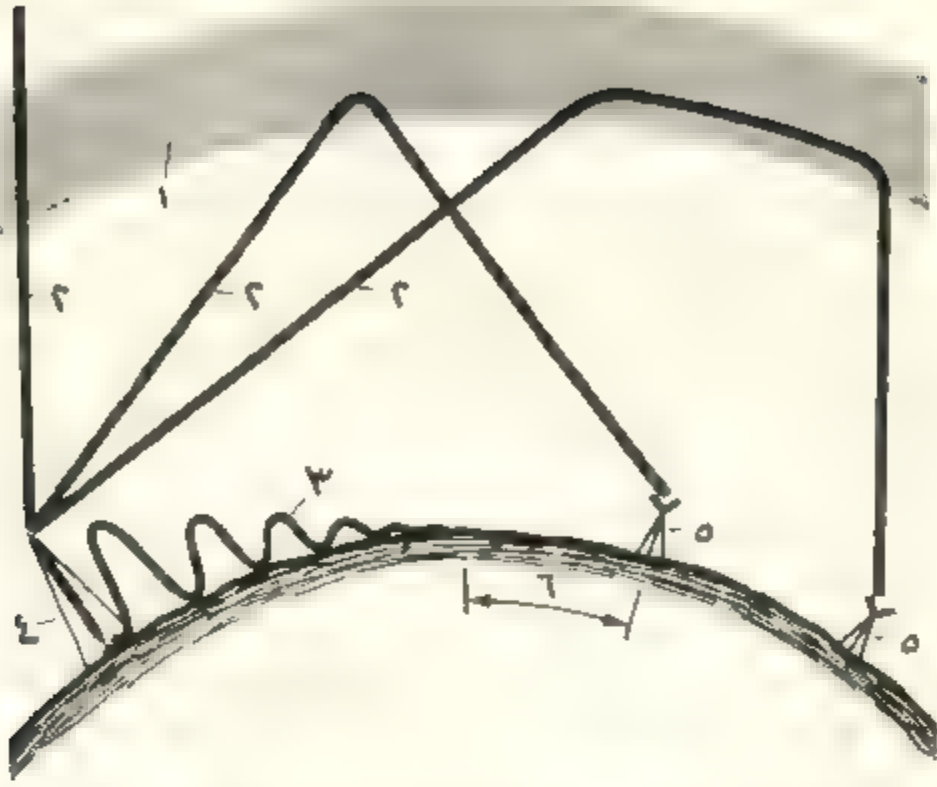
(أ) موجات أرضية :

(ب) موجات فضائية .

(أ) الموجات الأرضية :

وهي الموجات الكهرومغناطيسية التي تمبث أفقياً وتنتشر موازية لسطح الأرض في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي . ومن أمثلة الموجات التي تسلك في انتشارها أساساً سلوك الموجات الأرضية الموجات الطويلة جداً ، والموجات الطويلة (٣ كم إلى ٣٠ كم) وبتردد يتراوح بين (١٠ ، ٣٠ كيلو سيكل) ، كما تسلك الموجات المتوسطة (٣٠ متر - ٣٠٠ متر) وبتردد يتراوح بين (٣ ، ٣٠٠ كيلو سيكل) سلوك الموجات الأرضية أثناء النهار فقط .

وتتميز الموجات الأرضية بأنها تنتشر إلى مسافات طويلة جداً إلا أنه يعاب عليها أنها تفقد طاقتها أثناء انتشارها إذا ما اصطدمت بالحواجز أو الموصلات أو المباني الخرسانية العالية .



الشكل (٢٥٤) سلوك الموجات الكهرومغناطيسية المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| ١ - الغلاف الأيوني | ٤ - جهاز الإرسال |
| ٢ - موجة فضائية (سماوية) | ٥ - جهاز الاستقبال |
| ٣ - موجة أرضية | ٦ - منطقة الصمت |

لذلك تعتبر الموجات الطويلة أكثر الموجات ثباتاً واستقراراً إذا ما انتشرت فوق المحيطات أو الأماكن الخلوية دون أن يعترضها أى عائق ، حيث أن اصطدام هذه الموجات بالأسطح المعدنية والمباني الخرسانية والحديدية يؤدي إلى تولد تيارات دوامية فيها . وهذه التيارات الدوامية تؤدي بالتالى إلى فقد جزء كبير من طاقة هذه الموجات .

(ب) الموجات الفضائية

وهي الموجات الكهرومغناطيسية التى تشع زاوية على سطح الأرض . وقد سبق أن بينا أن طبقات الغلاف الجوى (الغلاف الأيوني) الموجودة على ارتفاع يتراوح بين ١٠٠ ، ٥٠٠ كيلومتر هي طبقات متأينة (متحللة) تحيط بالكرة الأرضية ويطلق عليها اسم طبقات « هينى سيد - كنيلى » . ويمكن للموجات الفضائية اختراق هذا الغلاف بدرجات تختلف باختلاف ترددها ، ثم تنعكس وتعود ثانية إلى الأرض .

ومن أمثلة الموجات التي تملك في إنتشارها أساساً سلوك الموجات الفضائية الموجات
الديستريية ، والموجات القصيرة جداً ، والموجات القصيرة (٢٠ سم إلى ٣٠ متر) بتردد يتراوح
بين ٣ ميغاسيكل ، ٣٠٠٠ ميغاسيكل . أما الموجات المتوسطة (٣٠ متر - ٣٠٠ متر)
وبتردد يتراوح بين ٠,٣ إلى ٣ ميغاسيكل ، فتملك سلوك الموجات الفضائية أثناء الليل فقط .

ومن الممكن تحديد سلوك الموجات الكهرمغناطيسية المختلفة عند انتشارها تبعاً لتردداتها كالاتي :

الموجات الديستريية (٢٠ سم فأقل) بتردد يتراوح بين ٣٠٠ ، و ٣٠٠٠ ميغاسيكل .
تتميز الموجات الديستريية بأنها تنفذ خلال طبقات الغلاف الأيون ولا تنعكس بل تذهب
إلى الكواكب . ولذلك نستخدم الموجات التي يتراوح ترددها بين ٢٠ ، و ٢٠,٠٠٠ ميغاسيكل
في أبحاث الفضاء ولا تصلح للإرسال الأرضي .

الموجات القصيرة جداً والموجات القصيرة (٢٠ سم إلى ٣٠ متر) بتردد يتراوح بين
٢ ميغاسيكل ، و ٣٠٠٠ ميغاسيكل :

تملك هذه الموجات في انتشارها أساساً سلوك الموجات لفضائية (السماوية) حيث تخترق
طبقات الغلاف بدرجات تختلف باختلاف ترددها، ثم تنعكس ثانية إلى الأرض بحيث يمكن التقاطها
عند مناطق معينة من محطة الإرسال .

ونضيف هنا أن هذه الموجات القصيرة موحدة تملك سلوك الموجات الأرضية ، غير
أنها لا تفيد في الإرسال إلا لمسافة قريبة جداً من محطة الإرسال لأنها تمتص بسهولة في الغلاف
الأرضي .

ومن هذه الحقيقة السابقة أمكن تفسير وجود المنطقة المسماة « منطقة الصمت » ، وهي
المسطقة الواقعة بين نهاية المدى الذي تنتشر فيه الموجات الأرضية لأية موجة (طويلة أو متوسطة
أو قصيرة) ، وبين بداية المدى الذي تبدأ عنده الموجات الفضائية لنفس الموجة في الانتشار بعد
انعكاسها من طبقات الجو العليا .

وهذا يوضح ظاهرة إمكان جهاز استقبال من النقاط محطة إرسال وهو على بعد ٥٠٠
كيلومتر منها ، بينما لا يقدر نفس الجهاز على التقاط نفس المحطة وهو على بعد ٢٠٠ كيلومتر
منها .

الموجات المتوسطة (٣٠ متر - ٣٠٠ متر) وبتردد يتراوح بين ٢,٠,٣ ميغاسيكل)
تعتبر الموجات المتوسطة أكثر الموجات استخداماً في الإذاعة . وتتميز بأنها تملك سلوك
الموجات الأرضية نهائياً ، بينما تملك سلوك الموجات العنصرية (السماوية) ليلاً ولا يتأثر

انتشارها عملياً بمختلف تغيرات الغلاف الأيوني . وهذه الموجات أيضاً منطقة صمت ، ولكنها أقل من منطقة الصمت الموحدة في الموجات القصيرة . وقد يحدث بعض الخفوت لهذه الموجات أثناء الليل نتيجة لتداخل الموجات الفضائية مع الموجات الأرضية .

الموجات الطويلة (٣ كم إلى ٣٠ كم) وتتردد يتراوح بين ١٠ ، ٣٠ كيلوسيكل :

تملك هذه الموجات في انتشارها أساساً سلوك الموجات الأرضية حيث أن موجاتها الفضائية (السماوية) تتمتع بسهولة في الغلاف الجوي . و لا توجد لهذه الموجات منطقة صمت طويلة . وتصلح هذه الموجات في الإرسال فوق البحار والأماكن المكشوفة .

ويمكن القول في النهاية أنه عند اختيار طول الموجة الكهرمغنطية (تردد الموجة) المناسبة لإرسال أى نوع من المعلومات يجب مراعاة الآتى .

١ - نوع المعلومات المرسله .

٢ - وقت إرسالها (أثناء النهار أو أثناء الليل أو أى وقت في مدار السنة) .

٣ - طول المسافة بين جهازى الإرسال والاستقبال .

٤ - طبيعة الأرض أو الفضاء الذى تمر به هذه الموجات .

• • •

transmission	نقل	variable	متغير
transmitter	مرسل	vector	متجه
tubular	أنبوبي	via	عن طريق
tuning oscillation circuit	دائرة مولدة التذبذبات	visible signal	إشارة مرئية
turns	لفات	voltage drop	هبوط القلطية
two-phase	ثنائي الطور	wave	موجه
type	طراز	wave filter	مرشح موجه
		windings	لفيمات
vacuum	مراغ	wireless	لاسلكي

repulsion motor	محرك تنافري
residual magnetism	مغناطيسية متبقية
resistance	مقاومة
resistor	مقاوم
saturation	تشبع
sawtooth	سن المنشار
scale	تدرج
scanning	سح
schematic representation	تمثيل تخطيطي
screen grid	شبكة حجب
screening	حجب
secondary current	تيار ثانوى (تيار الملف الثانوى)
sector	قطاع
selection	اختيار
selector switch	مفتاح إنتقاء كهربائى
self-induction	حث ذاتى
selectivity	انتقائية
semi-conductor	شبه مرصل
sensitive	حساس
series motor	محرك بلف على التوالي
shaft	عمود إدارة
short circuit	دائرة قصر
short wave	موجة قصيرة
signal	إشارة
single phase	أحادى الطور
sinusoidal	جيبى
socket outlet	مقبس

space waves	موجات فضائية (موجات سماوية)
specimen	عينة
speed of rotation	سرعة الدوران
stability	اتزان - استقرار
star connection	توصيلة النجمة
stationary	ثابت
stator	عضو ساكن
strip	خوصة
structure	تركيب
superheterodyne reception	استقبال سوبر هترودين
switch gear	مفاتيح التشغيل
synchronization	ترزامن
system	نظام
telegraph modulated waves	موجات مشكلة تليفرافياً
temporal	مؤقت
three-phase	ثلاثى الأطوار
thermal	حرارى
thermoplastics	لدائن حرارية
thermosetting plastics	لدائن مصلدة حرارياً
transducer	محول طاقة (محول معلومات إلى إشارات كهربائية)
transferring	نقل
transformer	محول
transient	عابر (انتقال)

magnetism	مغناطيسية	potential difference	فرق الجهد
magnetization	مغنطة - تمغنط	potentiometer	بوتنشيو متر (مقاومة قياس فرق الجهد)
magnitude	مقدار	power factor	عامل القدرة
mega - cycle	ميجاسيكل	power meter	عداد القدرة
mesh circuit	دائرة مقفلة	power station	محطة توليد القدرة
molecule	جزيء	precision	دقة
modulation	تشكيل (تضمين)	primary circuit	دائرة ابتدائية
negative charge	شحنة سالبة	propagation	امتداد - انتشار - انتقال
network	شبكة	quotient	خارج قسمة
neutral point	نقطة تبادل	radar	رادار
non-conductor	غير موصل	radial	نصف قطري
ohmic resistance	مقاومة أومية	radio - receiver	جهاز استقبال راديو
oscillator	مدبذب	range	مدى
paramagnetic	بارامغناطيسي	rate	معدل
peak value	قيمة الذروة	rated voltage	جهد مقنن
period	دورة	reactance	مفاعلة
periodicity	دورية	reactive	غير فعال
permanent	دائم	rectifier	مقوم
permeability	نفاذية	reed	ريشة
phenomena	ظاهرة	regulating switch	مفتاح منظم كهربائي
physician	فيزيقي	relative permeability	نفاذية نسبية
plastics	لدائن	relay	متابع - مرحل
polarity	قطبية	remanence	استبقائية
polarisation	استقطاب	rheostat	ريوستات (مقاومة متغيرة)
pole	قطب	rotating machine	مكنة دوارة
pole changer	مغير القطب	rotor	عضو دوار
portable	نقال		

generator	مولد	instantaneous	لحظى
geometric	هندسى	insulation loss	فقد العزل
glow lamp	مصباح متوهج	insulating material	مادة عازلة
graduation	تدريج	interference	تداخل
ground waves	موجات أرضية	interlinking	توصيل متبادل
		image frequency	تردد الصورة
harmonic oscillations	تذبذبات توافقية	intermediate frequency	تردد بينى
headphone	سماعة رأس	interrelation	علاقة متبادلة
helical spring	زنبرك لولبى	intensity	شدة
H.F. reciever	مستقبل تردد على		
H.F. transmitter	مرسل تردد على	key switch	مفتاح كهربائى بذراع
high frequency	تردد على	knob	زر
homogeneous	متجانس		
hysteresis loop	منحنى أنشوطى للمغناطيسية المتبقية	lag	تخلف
		lamp holder	دواة مصباح
impregnated	مشرب بالزيت	leakage current	تيار تسرب
impulse	نبضة	limits of error	حدود الخطأ
incandescent	مصباح متوهج	lightening arrester	مانعة صواعق
indicating instrument	جهاز مبین	linear	مخطى
induced current	تيار متج بالحث	lines of flux	خطوط الفيض
inductance	عمالة	live part	جزء مكهرب
inductive	حثى	local oscillator	مذبذب محلى
inductor	محث	loop	حلقة
influence	تأثير	loud speaker	مكبر الصوت
in - parallel	على التوازي	low voltage	جهد منخفض
input	دخل		
in series	على التوالي	mans	ماخذ رئيسى
installations	تركيبات	magnet	مغناطيس
		magnetic field strength	شدة المجال المغناطيسى

distortion	تشويه	electrometer	جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي
direct current	تيار مستمر	electromotive force	قوة دافعة كهربائية
discharge lamp	مصباح تفريغ	element	عنصر
displacement	إزاحة	elongation	استطالة
distribuion station	محطة توزيع	emission	انبعاث
division	قسم	energy	طاقة
driving energy	طاقة دافعة	equilibrium	اتزان
duration	دوام	equipment	معدات
dynamic effect	تأثير ديناميكي	equivalent	مكافئ
dynamo	دينامو	expansion	تمدد
earthing	تأريض	factor	عامل
earth leakage	تسرب للأرض	feed-back	تغذية مرتجعة (تغذية مرتدة)
eddy currents	تيارات دوامية	ferromagnetic substance	عنصر عالي الإنفاذية المغناطيسية
efficiency	كفاءة	fidelity	أمانة
electrical circuit	دائرة كهربائية	field	مجال
electrical potential	جهد كهربائي	filament	فتيلة التسخين
electric appliances	مستخدمات كهربائية (أجهزة تعمل بالكهرباء)	filter	مرشح
electric charge	شحنة كهربائية	finger contact	مجم
electric field	مجال كهربائي	flux	فيض
electricity	كهرباء	frequency	تردد
electric meter	عداد كهربائي	frequency modulation	تشكيل التردد
electric power	قدرة كهربائية	function	دالة
electro-chemical	كهركيميائي	fundamentals	أساسيات
electrode	إلكترود	galvanic cell	خلية جلفانية
electrodynamic	ديناميكي كهربائي (كهردينامي)	gap	ثغرة
electrolytic	إلكتروليتي	generation	توليد
electromagnet	مغناطيس كهربائي		

channel	قناة	constant	ثابت
charge	شحنة	contactor	مفتاح تلامس
charging equipment	معدات شحن البطاريات	continuity	استمرارية
charcoal	فحم نباتي	control	تحكم
choke coil	ملف كابح التيار	converter	محول متغير
characteristics	خصائص مميزة	coresheet	رفائق الصلب
circuit arrangement	ترتيبة دائرة	cosine	جيب تمام الزاوية
circuit breaker	قاطع دائرة	counter	عداد
circuit diagram	رسم دائرة	coupling sleeve	كم قارن
circuit elements	عناصر الدائرة	coupling capacitor	مكثف ترابط
clamp	قاسطة - ماسك	crystal structure	تركيب بلوري
classification	تصنيف	current intensity	شدة التيار
clockwise direction	اتجاه عقارب الساعة	cycle	دورة
closed loop	حلقة مغلقة	damping	تخميد (مضاءلة)
clutch	قابض	dark radiator	مشع مظلم
coaxial transmission line	خط نقل محوري	decay	اضمحلال
coefficient	معامل	delta connection	توصيلة دلتا
coercive force	قوة قهرية	demodulation	فك التشكيل
coil	ملف	density	كثافة
communications	اتصالات	deposited	مرسب
commutator	مبدل (عضو التوحيد)	detection	كشف
condenser	مكثف	deviation	انحراف
compound - wound motor	محرك ملف مركب	device	نبيطة (وسيلة)
conducting plate	لوح موصل	diagramatic	تخطيطي
conductivity	موصلية	diamagnetic	دايامغنتي
conductor	موصل	dielectric	وسط عازل
conduit	مجري	dielectric strength	متانة العزل
		dim light	ضوء خافت
		diode	صمام ثنائي

المصطلحات الفنية

(انجليزى — عربى)

absolute	مطلق	ballast unit	وحدة كبح التيار
accumulators	مراكم	band of frequencies	نطاق الترددات
air gap	ثغرة هوائية	beating	تضارب
alkaline	قلوى	battery	بطارية
alloy	سبيكة	bell transformer	محول جرس
alternating	متعدد	blade	نصل
ammeter	أميتر (جهاز قياس شدة التيار)	block diagram	رسم تخطيطى للمراحل
amplifier	مكبر (مضخم)	boundary layer	طبقة الحدود
angular	زاوى	branch joint	وصلة تفرع
amplitude modulation	التشكيل الكى (تشكيل الذروة)	bright radiator	مشع مضى
antenna	هوائى	brush	فرشاة (فرشاة)
anticlockwise	عكس عقارب الساعة	bundle	حزمة
apparent power	قدرة ظاهرة	bushing	جلبة - وصلة كبل
armature	عضو إنتاج	buzzer	زنان
arrangements	ترتيبات	cable	كبل
atom	ذرة	cable socket	عروة توصيل الكبل
atomic theory	النظرية الذرية	cable trench	مجرى الكبل
attraction	تجاذب	capacitance	مواسعة (سعة)
asynchronous	لا متزامن	capacitive reactance	مفاعلة سعوية
audio-frequency	تردد سمعى	capacitor	مكثف كهربائى
automatic regulator	منظم اتوماتيكى	casing	غلاف
auto excitation	إثارة تلقائية	cell	خلية
axle	محور	ceramic	خزفي

7

سلسلة الأسس التكنولوجية

- ١ - الكيمياء الصناعية
- ٢ - أخشاب الخشب (النجارة)
- ٣ - الالكترونيات
- ٤ - الخزف
- ٥ - الأمان الصناعي
- ٦ - براد التجميع
- ٧ - هندسة الموثوقية
- ٨ - النظائر في البحث والصناعة
- ٩ - تشكيل المعادن بدون قطع
- ١٠ - الأساسيات الكهربائية ج ١
- ١١ - الأساسيات الكهربائية ج ٢
- ١٢ - الجداول الفنية (-)
- ١٣ - الرسم الفني (-)
- ١٤ - اللحام بالقاذ ج ١ (-)
- ١٥ - اللحام بالقاذ ج ٢ (-)
- ١٦ - اللحام بالقاذ ج ٣ (x)
- ١٧ - أشغال المعادن (x)
- ١٨ - هندسة الجرافات (x)
- ١٩ - كيمياء الكهرباء (+)
- ٢٠ - هندسة السيارات (+ x)
- ٢١ - أشغال قطع المعادن (+ x)
- (-) نقد زمراد طبعه
- (+) طبعة ثانية
- (x) تمت الطبعة في مصر تباعا